

# Terminwesen und Lagerhaltung in der Massenfertigung

Rechnerische Unterlagen und Verfahren  
zur Betriebsüberwachung

Von

Volker Knecht

Freiburg i. Br.

Mit 25 Abbildungen im Text



Berlin  
Verlag von Julius Springer  
1939

ISBN-13: 978-3-642-98489-1 e-ISBN-13: 978-3-642-99303-9  
DOI: 10.1007/ 978-3-642-99303-9

Alle Rechte, insbesondere das der **Übersetzung**  
in fremde Sprachen, vorbehalten.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einführung. Zweck und Aufgabe des Terminwesens . . . . .	1
II. Einteilung der Massenfertigung . . . . .	4
III. Begriffsbestimmungen. . . . .	4
1. Die Leistungsgrundzahl. . . . .	4
2. Der Einbauverbrauch. . . . .	8
3. Die Liefermenge . . . . .	9
4. Die Mengenleistung. . . . .	10
5. Massenfertigung und Refa-Grundsätze . . . . .	10
IV. Die Berechnung der Liefermöglichkeit von Maschinen und Werkstätten . . . . .	12
1. Formel für den Einbauverbrauch . . . . .	12
2. Formel für die Liefermenge . . . . .	13
3. Formel für die Mengenleistung . . . . .	13
4. Formel für die Berechnung der Maschinenzahl . . . . .	14
5. Formel für den Belastungsgrad . . . . .	16
V. Die Fertigungsgrade. . . . .	18
VI. Das Fertigungslager. . . . .	21
1. Organisatorische Gesichtspunkte . . . . .	21
2. Theorie der Lagerbewegungen . . . . .	24
3. Wirtschaftlichste Auftragsstückzahl . . . . .	28
VII. Terminberechnung. . . . .	33
1. Allgemeine Gesichtspunkte . . . . .	33
2. Die einzelnen Berechnungsverfahren . . . . .	34
A. Terminberechnung auf Grund der Fertigungszeiten . . . . .	34
B. Summarische Terminberechnung . . . . .	42
C. Terminberechnung für Sonderaufträge . . . . .	46
D. Terminberechnung für Aufträge auf beliebige Arten von Massen- erzeugnissen . . . . .	51
VIII. Terminverfolgung . . . . .	55
1. Maßnahmen zur Überwachung der Lagerbewegungen . . . . .	55
2. Auftragserteilung und Terminsetzung . . . . .	58
3. Regelung der Bestelltage . . . . .	59
4. Kopplung der Fertigungsstufen . . . . .	62
5. Sonderregelung bei unterschrittenen Sicherheitsbeständen . . . . .	67
IX. Allgemeine Hinweise für die Praxis. . . . .	72
Sachverzeichnis . . . . .	78
Schrifttumverzeichnis . . . . .	80

## I. Einführung.

### Zweck und Aufgabe des Terminwesens.

Die Wirtschaftlichkeit, mit der ein industrieller Betrieb arbeitet, hängt im wesentlichen davon ab, in welchem Maße die Fertigung der Erzeugnisse vorbereitet und der Arbeitsablauf gesteuert ist. Daher steht an der Spitze der Betriebsorganisation die Arbeitsvorbereitung. Sie stellt den Plan für den Herstellungsgang auf, bestimmt die Art der Betriebsmittel und liefert die Unterlagen, aus denen die Dauer des Arbeitsablaufes zu entnehmen ist. Ihre Aufgaben sind mit Beginn der Fertigung abgeschlossen. An ihre Stelle tritt nunmehr die Überwachung der Arbeitsvorgänge und ihre Steuerung in zeitlicher und mengenmäßiger Hinsicht. Die hiermit zusammenhängenden Aufgaben hat das *Terminwesen* zu lösen. Es soll die reibungslose Abwicklung aller Fertigungsvorgänge, sowie die Einhaltung der Lieferfristen an den Kunden gewährleisten und vor allem auch eine klare Übersicht über die vorliegenden Werkstattaufträge und die Belastung der Werkstätten ermöglichen.

**Stellung des Terminwesens im Betrieb.** Die Durchführung einer straffen Terminordnung macht die Einrichtung eines besonderen Büros notwendig. Sie kostet also Geld. Daher ist zunächst die Frage aufzuwerfen: Sind Art und Größe eines Betriebes geeignet, diese Ausgaben durch entsprechenden Erfolg zu rechtfertigen, oder bilden sie nur eine unnötige Belastung des Haushaltes?

Die Erfahrung zeigt, daß ein Erzeugnis um so billiger hergestellt werden kann, je besser sich die an der Fertigung beteiligten Stellen ergänzen und je weniger tote Zeiten und Stockungen während der Herstellung auftreten. Solche Unzulänglichkeiten so weit wie möglich auszuschalten, ist aber eine der wichtigsten Aufgaben des Terminbüros, so daß die Frage nach der Nützlichkeit dieser Einrichtung fast immer bejaht werden kann.

Für die Einzelfertigung hat der Werkstatt-Termin vor allen Dingen die Bedeutung, die vom Kunden geforderte Lieferfrist zu verbürgen. In der Massenfertigung dagegen umfaßt er einen wesentlich größeren Aufgabenkreis. Hier gilt es, das überaus feine Kräftespiel des endlosen Arbeitsflusses zu regeln und zahllose Einzelvorgänge aufeinander abzu-

stimmen. Je größer und verzweigter aber ein Unternehmen ist, desto brennender macht sich die Terminfrage bemerkbar und desto wichtiger ist eine klare Lösung. Dabei ist die Forderung unabweisbar, ein Terminbüro zu schaffen, das dem Betrieb *vorgelagert* ist und das somit die vorausschauende Regelung aller Betriebsvorgänge übernimmt. Es stellt den Schnittpunkt aller Linien dar, welche aus den einzelnen Werkstätten, sowie aus dem gesamten übrigen Werk zusammenlaufen. Es hat bei der Gestaltung der Lieferprogramme das entscheidende Wort mitzusprechen und ist die maßgebende Auskunftstelle für alle Fragen hinsichtlich der Liefermöglichkeit des Betriebes.

Unbedingt zu vermeiden ist die Aufteilung der zentralen „Termin-gewalt“ in verschiedene kleine Terminstellen, die den Werkstätten oder Meistereien angegliedert sind. Dadurch nämlich wird der ursprüngliche Zweck der ganzen Organisation, der Überblick über die *Gesamtheit* der Werksarbeiten, hinfällig.

**Art der Termingebung.** Für die Einzel- oder Reihenfertigung, wie sie etwa im Maschinenbau üblich ist, bereitet die Festsetzung eines ziel-sicheren Werkstatt-Termins oftmals erhebliche Schwierigkeiten, weil dort die Betriebsmittel sehr vielseitig verwendet werden können. Die Termine lassen sich auch gewöhnlich nicht rechnerisch unterbauen und beruhen deshalb meistens nur auf Schätzung oder bestenfalls auf Verwendung von Erfahrungswerten. Man greift daher zu Hilfsmitteln, die vielfach darin gipfeln, daß sich im gegebenen Fall die Betriebsangestellten persönlich mit dem „Eintreiben“ der notwendigen Einzelteile befassen oder aber man baut recht verwickelte Systeme zur Steuerung des Mahn- und Nachrichtenwesens auf, deren praktische Wirkung nicht immer besonders offensichtlich ist, z. T. sogar zu einem überspitzten Unfug auswachsen kann<sup>1</sup>.

Im Gegensatz dazu findet das Terminwesen in der Massenfertigung einen gänzlich anderen Boden. Hier hat man den gewaltigen Vorteil, daß immer nur die gleichen Erzeugnisse mit gleichbleibenden Abmessungen hergestellt werden, oder doch daß das Werk sich längere Zeit damit befaßt. Der vorhandene Maschinenpark ist meist so ausgestaltet, daß jede Werkzeugmaschine nur eine beschränkte Anzahl sich immer wiederholender Arbeiten auszuführen hat. Damit ist auch die Möglichkeit gegeben, den Maschinenpark auf weitere Sicht vorzubelegen, ein Idealzustand, der für die meisten deutschen Maschinenfabriken in der Einzel-fertigung vorerst noch ein Zukunftstraum ist, weil er voraussetzt, daß zu jedem Zweck genügend Ersatzmaschinen zur Verfügung stehen, die jedoch gegebenenfalls Wochen hindurch unbenutzt bleiben müßten<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Vgl. auch: HIPPLER: Arbeitsverteilung und Terminwesen S. 15.

<sup>2</sup> HOLZER, R. v.: Systematische Fabrikationalisierung.

**Schwierigkeiten bei der Durchführung.** Es ist naturgemäß nicht möglich, jegliche Schwierigkeiten, die bei der praktischen Durchführung auftreten, auszuschalten. Auch das wohldurchdachtteste Gefüge wird immer wieder Stößen und Erschütterungen ausgesetzt sein, die den Erfolg zu mindern drohen. Man muß sich daher schon von Anfang an mit den zu erwartenden Unregelmäßigkeiten vertraut machen, die den vorbestimmten Arbeitsablauf unterbrechen und oftmals schwerwiegende Verzögerungen herbeiführen können. Diese sind teils durch den Betrieb selbst bedingt — Ausschuß, Maschinenschaden, Mangel an Facharbeitskräften u. ä. — teils durch äußere Umstände — so etwa fehlender Werkstoff, Ausbleiben von Fremdlieferungen (Entlastungsaufträgen) u. a. m. Die Entscheidung über die Abhilfe kann immer nur von Fall zu Fall getroffen werden.

**Werkstattaufträge.** Sehr wichtig für die Belange des Terminwesens ist die richtige Untergliederung des Arbeitsflusses, d. h. die Auftragserteilung an die Werkstätten. Bekanntlich unterscheidet man im Auftragswesen Kundenaufträge und Werkstattaufträge, ferner Ersatz-, Vorrats-, Entlastungsaufträge usw. Für unsere Betrachtungen spielen jedoch nur die *Werkstatt- oder Fertigungsaufträge* eine Rolle. Sie sollen möglichst vom Kundenauftrag gelöst werden, da die Wirtschaftlichkeit des Betriebes gewöhnlich andere Stückzahlen verlangt, als sie durch den gerade vorliegenden Kundenauftrag gegeben sind. In der Massenfertigung liegen die Verhältnisse oftmals sogar derart, daß innerhalb eines sehr langen Zeitabschnittes (Jahre) große Mengen gleicher Teile hergestellt werden müssen, so daß ein ununterbrochener Fertigungsfluß entsteht. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit, letzteren in einzelne mengenmäßig begrenzte Teilkollektive zu trennen, die dann als in sich geschlossenes Ganzes einen Arbeitsgang nach dem andern durchwandern, bis die Fertigstellung der Einzelteile soweit gediehen ist, daß sie zum Zusammenbau des Enderzeugnisses verwendet werden können. Zur Aufrechterhaltung der ununterbrochenen Fertigung werden dann die verschiedenen Betriebseinheiten in gewissen Abständen mit der Verarbeitung solcher Teilkollektive beauftragt. Die Werkstattaufträge sind damit die alleinigen Träger des Fertigungsflusses; ihre Höhe wird nach bestimmten, später noch eingehend zu besprechenden Gesichtspunkten geregelt.

**Geltungsbereich.** Die Grundgedanken des Terminwesens sind nunmehr bereits dargelegt. Ihre Übertragung in die Praxis erfordert vom Organisator vor allen Dingen den Blick für die Sonderheiten des eigenen Betriebes. Denn niemals kann ein bestimmtes Schema in jedem beliebigen Fall zur Anwendung kommen. Die Massenherstellung eines Gegenstandes mit verwickeltem konstruktivem Aufbau verlangt natürlich ein viel umfassenderes und verfeinerteres Terminwesen zur Führung

der Betriebsvorgänge als etwa die Fließarbeit in Walzwerken oder in der Nahrungsmittelindustrie. Eine Begrenzung der Anwendungsmöglichkeit der hier gegebenen Vorschläge liegt innerhalb des großen Gebietes der Massenfertigung kaum vor, wenn auch im folgenden meistens auf Erzeugnisse der Feinmechanik und des Kleinmaschinenbaues Bezug genommen ist. Fordern es die Umstände, so ist es durchaus denkbar, die Gedankengänge auch in entferntere Industriezweige, wie etwa die Textilindustrie zu übertragen.

## II. Einteilung der Massenfertigung.

Der Zusammenhang von „Menge“ und „Zeit“ innerhalb der Massenfertigung ist rechnerisch weitgehend erfaßbar. Dazu ist es aber zunächst notwendig, das Gesamtgebiet hinsichtlich der Beschäftigungsart der einzelnen Industriezweige in einige Hauptgruppen zu unterteilen, welche für den Geltungsbereich der in den folgenden Abschnitten dargelegten Formeln und organisatorischen Maßnahmen richtungweisend sind. Es lassen sich dabei vier Hauptgruppen deutlich unterscheiden:

1. Betriebe, die ununterbrochen nur ein Erzeugnis in einer oder in mehreren Ausführungsformen (Größen) herstellen.

2. Betriebe, die ununterbrochen mehrere verschiedene Erzeugnisse gleichzeitig und nebeneinander herstellen.

3. Betriebe, die eine größere Anzahl verschiedener Erzeugnisse in abwechselnder Folge herstellen.

4. Betriebe, die innerhalb eines gewissen Rahmens, Aufträge auf Massenartikel jeder Art und für jeden Zweck zur Ausführung bringen.

Es mag darauf verzichtet sein, zu jeder Gruppe die einschlägigen Industriezweige anzuführen, da dies erschöpfend nicht möglich ist. Die Gruppen 1 und 2 fassen wir unter der Bezeichnung „ununterbrochene Massenfertigung“ zusammen. Im Gegensatz dazu stehen die Gruppen 3 und 4, welche als „wechselnde Massenfertigung“ gelten.

## III. Begriffsbestimmungen.

Das Terminwesen in der Massenfertigung als Zweig der Betriebswissenschaft hat sich eine Reihe von Begriffen zu eigen gemacht, die im folgenden abgegrenzt sind.

### 1. Die Leistungsgrundzahl.

Zur rechnerischen Erfassung der Betriebsvorgänge bedarf es zunächst der Kenntnis, in welcher *Anzahl* die Erzeugnisse in einem bestimmten Zeitabschnitt hergestellt werden sollen. Das gilt für alle, im vorhergehenden Abschnitt eingeteilten Gruppen gemeinsam. Es wird fast

immer möglich sein, hierfür eine genaue Zahl anzugeben, da der Betrieb von selbst schon eine gewisse Regelmäßigkeit der Erzeugung verlangt, um wirtschaftlich zu sein. Diese Größe läßt sich dabei ohne weiteres auf die *Stunde* beziehen, d. h. man hat zu untersuchen, wie hoch sich die Zahl der Fertigerzeugnisse beläuft, die das Werk stündlich herstellt. Diese Zahl ist als Grundlage zu betrachten, auf der alle weiteren Berechnungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit des Betriebes aufgebaut werden. Das ist der Begriff der *Leistungsgrundzahl*, und wir grenzen ab:

Die Leistungsgrundzahl ist diejenige Stückzahl versandfähiger Erzeugnisse ein und derselben Gattung, die ein Werk *stündlich* herstellt. Für Gruppe 1 und 2 ist, oder vielmehr soll sie eine feste Größe sein. Auf Gruppe 3 kann diese Forderung innerhalb begrenzter Zeitspannen ebenfalls ausgedehnt werden. Für die Erzeugnisse von Gruppe 4 gibt es keine Leistungsgrundzahl in diesem Sinne.

Die Leistungsgrundzahl ist das Maß für die Größe der Anforderungen, die man an die Lieferfähigkeit der Fertigungsmittel stellen muß, damit die gewünschte Menge des Erzeugnisses in der vorgeschriebenen Zeit hergestellt werden kann. Diese Überlegung ist eigentlich selbstverständlich, denn in jeder Art industrieller Fertigung wird man in den Werkstätten so viele Einzelteile je Zeiteinheit herstellen, wie im gleichen Zeitbetrag zum Zusammenbau des Gegenstandes benötigt werden. Es muß also eine Gleichläufigkeit von Erzeugung und Verbrauch innerhalb des Betriebes bestehen, wenn der Werdegang der Erzeugnisse reibungslos vonstatten gehen soll. So einfach diese Forderung ist, so wird ihr dennoch in vielen Werken nicht genügend Beachtung geschenkt, weil man sich häufig nicht völlig klar über die „Kapazität“, d. h. über die Leistungsfähigkeit seines Maschinenparks ist.

Wie bestimmt man nun die Leistungsgrundzahl in einem Werk?

Eine Uhrenfabrik stellt monatlich 30 000 Armbanduhren her. Diese Zahl ist eine überschlägliche Forderung der Geschäftsleitung auf Grund der gegenwärtigen Absatzmöglichkeit, sie entspricht aber auch nach den bisherigen Erfahrungen der Leistungsfähigkeit des Betriebes. Für die planende Regelung sind jedoch eindeutigeren Unterlagen vonnöten. Man erhält sie in Form der Leistungsgrundzahl, die auf folgende Art festgelegt wird:

Bekannt ist die wöchentliche Arbeitsstundenzahl; angenommen 48 Stunden. Normalerweise beträgt die Arbeitszeit im *Jahr* in Deutschland 50,5 Wochen, da eine und eine halbe Woche (7—9 Tage) durchschnittlich als Feiertage wegfallen. Die Umrechnung von Arbeitsmonaten in Arbeitswochen ergibt also einen Faktor zu

$$\frac{50,5}{12} = 4,2$$

Man berechnet damit die monatliche Arbeitsstundenzahl zu

$$48 \cdot 4,2 \approx 202 \text{ Std.}$$

Die Schwankungen in den einzelnen Monaten heben sich dabei gegenseitig auf.

Für das Beispiel beträgt somit die Leistungsgrundzahl

$$B = \frac{30000}{202} = 148,5 \text{ Stck/Std.}$$

oder gerundet  $B = 150 \text{ Stck/Std.}$

Soll die Liefermöglichkeit eines Werkes gesteigert werden, so kann das entweder auf Grund einer erhöhten wöchentlichen Arbeitsstundenzahl geschehen (Überstunden) oder aber — und das ist vom wirtschaftlichen Standpunkt aus das begrüßenswertere — auf Grund einer erhöhten Leistungsgrundzahl. In letzterem Fall ist dann allerdings sorgfältig nachzuprüfen, ob die vorhandenen Fertigungsmittel eine Steigerung der Leistung zulassen, ohne bedenkliche Störungen im Betriebsfluß hervorzurufen.

Nicht immer liegen aber die Verhältnisse so einfach wie in dem angeführten Beispiel. Denn meistens hat man zu berücksichtigen, daß ein Erzeugnis in mehreren Ausführungsformen (Mustern) oder in verschiedenen Größen regelmäßig hergestellt wird. Zur Erweiterung des obigen Beispiels nehmen wir also an, daß die 30 000 Uhren in den drei Mustern A, B und C zur Ausführung kommen, und zwar soll Muster A mit 50 vH., Muster B mit 30 vH. und Muster C mit 20 vH. an der Gesamtzahl beteiligt sein.

Im Hinblick auf die stetige Belieferung der Kunden wäre die *gleichzeitige* Anfertigung der drei Muster zu befürworten. Dies würde jedoch voraussetzen, daß ein sehr ausgedehnter Maschinenpark zur Verfügung steht, von dem ein beachtlicher Teil im Jahr unbenutzt bleibt. Man zieht es daher vor, die Maschinen abwechselnd auf die einzelnen Muster umzustellen. Dasselbe gilt auch für den Zusammenbau. Es wird auch hier meistens günstiger sein, einen oder mehrere Tage lang, nur *ein* Muster zusammenzubauen, weil man dadurch in der Lage ist, sowohl das anteilige Mengenverhältnis zu berücksichtigen, als auch sich der Schwerpunktsverschiebung im Lieferprogramm anzupassen, die oftmals infolge wechselnder Konjunkturbewertung erforderlich wird.

Auf das Beispiel angewendet bedeutet das:

Bei 25 Arbeitstagen im Monat wird

$$\text{Muster A } 0,5 \cdot 25 = 12,5 \text{ Tage}$$

$$\text{Muster B } 0,3 \cdot 25 = 7,5 \text{ ,,}$$

$$\text{Muster C } 0,2 \cdot 25 = 5 \text{ ,,}$$

hindurch zusammengebaut.

Diese „Bautage“ verteilt man möglichst gleichmäßig über den Monat — gegebenenfalls auch über einen längeren Zeitabschnitt — und erreicht damit bei günstigerer Maschinenausnutzung eine ebenso gleichmäßige Belieferung des Abnehmerkreises, wie es sonst bei gleichlaufender Herstellung der Fall wäre. Der gleichlaufende Zusammenbau mehrerer Ausführungsformen ist nur dann zweckmäßig, wenn die Mengen groß genug sind, um die fortwährende Verwendung verschiedener Vorrichtungen und Prüfgeräte zu gewährleisten, oder wenn die Muster in Größe und Ausführung so stark voneinander abweichen, daß sich die gemeinsame Benützung der Geräte von selbst ausschließt. Aber auch in diesem Fall wäre noch zu untersuchen, ob man die Trennung nicht doch wenigstens im Hinblick auf den Einsatz von Facharbeitskräften durchführen sollte. Es gibt im Zusammenbau oftmals Arbeiten, die zu ihrer Ausführung eine ganze besondere Geschicklichkeit und Übung verlangen, so daß nur einige, besonders geschulte Leute in der Lage sind, diese auszuführen. Da nun aber die meisten Firmen gerade an solchen Arbeitskräften keinen Überfluß haben, so erscheint es ratsam, derartige Belegschaftsgruppen nicht durch gleichzeitige Beschäftigung mit mehreren Ausführungsformen auseinander zu reißen.

Um nun diese Dinge in der praktischen Anwendung zu berücksichtigen, so ist es notwendig, die Leistungsgrundzahl aufzuteilen. Der Anteil, mit dem eine Ausführungsform an der Gesamterzeugung beteiligt ist, sei  $\varepsilon$ ; damit beträgt die auf die Stunde bezogene Anzahl je Ausführungsform

$$\varepsilon \cdot B.$$

Die Leistungsgrundzahl von 150 Stck/Std. im Beispiel teilt sich also wie folgt auf:

$$\begin{array}{l} \text{Muster A: } \varepsilon_A \cdot B = 0,5 \cdot 150 = 75 \text{ Stck/Std.} \\ \text{Muster B: } \varepsilon_B \cdot B = 0,3 \cdot 150 = 45 \quad \text{,,} \\ \text{Muster C: } \varepsilon_C \cdot B = 0,2 \cdot 150 = 30 \quad \text{,,} \\ \hline 150 \text{ Stck./Std.} \end{array}$$

Den Wert  $\varepsilon \cdot B$  benötigt man als Unterlage für die Berechnung der Mengenleistung von Maschinen und Werkstätten, sobald es sich um die ununterbrochene Herstellung eines Erzeugnisses in mehreren Ausführungsformen handelt. Er stellt also die auf die Stunde bezogene Aufteilung der Leistungsgrundzahl dar. Die Bedeutung des Mengenverhältnisses  $\varepsilon \cdot B$  geht aber weit über die Programmgestaltung hinaus, denn nach ihm richtet sich die „Liefergeschwindigkeit“ der Werkstätte.

Es ist wichtig, die Leistungsgrundzahl in einem Werk genau abzugrenzen. Manche Betriebe stellen gleichzeitig mehrere Arten von Erzeugnissen her (Gruppe 2), die fertigungstechnisch verwandt sind, ohne daß man jedoch auf den ersten Blick entscheiden könnte, ob ihnen eine

gemeinsame Leistungsgrundzahl gegeben werden kann. Ein solcher Fall lag bei einer Wälzlagerfabrik vor, welche Kugellager und Rollenlager in der üblichen Durchmesserreihe ausführte. Die Fertigung floß teilweise ineinander über, d. h. eine Anzahl Bearbeitungsmaschinen, so die Abstechbänke für das Stangenmaterial, mußten den Bedarf für beide Zweige decken. Andererseits gab es auch eine Reihe Sondermaschinen, die nur einseitig benutzt wurden. Man konnte also nicht ohne weiteres eine bestimmte Zahl als einheitliche Leistungsgrundzahl angeben. Es wurde daher vorgezogen, mit zwei für beide Lagerarten getrennten Zahlen zu rechnen. Doch wäre es auch möglich gewesen, die Gesamtherstellung je Stunde als Basis anzunehmen und diese dann in zwei Untergruppen „Kugellager“ und „Rollenlager“ aufzuteilen, ähnlich wie das im Beispiel mit der Uhrenfabrik geschehen ist. Da nun aber beide Erzeugnisse auch noch in verschiedenen Größen hergestellt wurden, so hätte sich durch die nochmalige Aufteilung ein zu umständliches Rechengebilde ergeben. Es ist also empfehlenswert, die Betriebsverhältnisse in dieser Richtung zu untersuchen, bevor man an die Abgrenzung der Leistungsgrundzahl herangeht.

## 2. Der Einbauverbrauch.

Die Leistungsgrundzahl gibt an, wieviel versandfähige Erzeugnisse stündlich im Zusammenbau entstehen. Damit ist aber noch nicht festgelegt, wieviel Einzelteile jede Werkstatt liefern muß, um den laufenden Bedarf des Zusammenbaus zu decken. Jedes Einzelteil wird stündlich sovielmals in der Zusammenbauwerkstatt benötigt wie

- a) die Leistungsgrundzahl die Herstellung erfordert,
- b) das Teil laut Stückliste im Erzeugnis vorkommt.

Wird dasselbe Einzelteil also  $m$ -mal im Erzeugnis eingebaut, so verbraucht der Zusammenbau das  $m$ -fache der Leistungsgrundzahl. Die Teilezahl, die sich aus den Punkten a und b ergibt, nennt man den *Einbauverbrauch*. Nach dem früher gebräuchlichen Wort „Montageverbrauch“ wird er mit dem Buchstaben  $M$  in den Formeln bezeichnet. Für jedes in der Stückliste eines Erzeugnisses aufgeführte Teil ist der Einbauverbrauch nach obenstehenden Gesichtspunkten zu bestimmen.

Wir haben uns nunmehr mit den beiden Grundbegriffen der Massenfertigungstechnik vertraut gemacht:

Leistungsgrundzahl ( $B$ ) und Einbauverbrauch ( $M$ ).

Es sind dies Größen, die auf rechnerischem Wege für jeden Betrieb eindeutig festgelegt werden können. Dabei ist  $M$  immer eine Abhängige von  $B$ . Diesen beiden Größen steht nun eine dritte gegenüber, welche sich auf die Teilelieferung von seiten der Werkstätte bezieht.

### 3. Die Liefermenge.

Die Stückzahl  $M$  wird stündlich zum Einbau in das Erzeugnis benötigt. Die Anzahl Einzelteile, die jede Werkstatt zu liefern hat, ist jedoch größer als diese Zahl, weil im Verlauf der Arbeitsgänge Ausschub anfällt, der naturgemäß ergänzt werden muß. Um die Stückzahl  $M$  sicherzustellen, muß also von jeder Fertigungswerkstatt ein Zuschlag auf ihre stündliche Lieferung verlangt werden, der so groß ist, wie die Menge, die erfahrungsgemäß als Ausschub verlorengeht. Je niedriger dabei der Fertigungszustand eines Stückes ist, d. h. je mehr Arbeitsgänge noch bis zur Vollendung notwendig sind, desto höher muß der Zuschlag angesetzt werden, weil die Summe des Ausschusses aller nachfolgenden Arbeitsgänge miteinzuschließen ist.

Die Höhe des Zuschlages — auch Ausschubssatz genannt (Formelzeichen  $a$ ) — ist von Fall zu Fall gesondert für die einzelnen Arbeitsgänge zu ermitteln. Das geschieht am sichersten auf statistischem Wege. Man gibt  $a$  meistens als Hundertsatz von  $M$  an und setzt

$$M \left( 1 + \frac{a}{100} \right) = z$$

Die Größe  $z$  nennt man die *Liefermenge*. Sie ist diejenige Stückzahl, die man von einer Maschine (oder auch Werkstatt) je Stunde verlangen muß, um den Einbauverbrauch einschließlich Ausschub zu decken.

Wandert ein Bestandteil auf seinem Werdegang durch  $n$  Kontrollstellen, so ist, wenn  $a_1, a_2 \dots a_n$  die Ausschubssätze der einzelnen Werkstätte bedeutet und wenn man  $1 + \frac{a}{100} = \alpha$  setzt, die Anforderung an die erste Werkstatt

$$z_1 = M \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \dots \alpha_n$$

und an die letzte Werkstatt

$$z_n = M \cdot \alpha_n.$$

Allerdings wird es nicht immer nötig sein, den Ausschub und damit die Liefermenge so weitgehend zu staffeln, weil man sich darauf beschränken kann,  $a$  als Durchschnittswert mehrerer Arbeitsgänge zu bestimmen und aufgerundet in die Rechnung einzusetzen. Die Staffellung ist immer dann vorteilhaft, wenn  $a$  bei den einzelnen Kontrollstellen bedeutende Schwankungen aufweist.

Die im Verlauf mehrerer Fertigungsstufen entstehende Abnahme der Liefermenge stellt graphisch eine gebrochene Linie dar. Wegen der Vergleichsmöglichkeit mit anderen Teilen und Stufen, kann ihre Aufzeichnung bedeutungsvoll sein. Man trägt auf der Abszisse eines rechtwinkligen Achsenkreuzes die Reihenfolge der Arbeitsgänge oder der Werkstätte an und auf der Ordinate in entsprechend gewähltem Maßstab die zugehörigen Liefermengen  $z$ . Abb. 1 zeigt, wie man durch Über-

einanderzeichnen von mehreren Linienzügen die Veränderung der Ausschußmenge innerhalb verschiedener aber gleichgroßer Zeitabschnitte veranschaulichen kann.

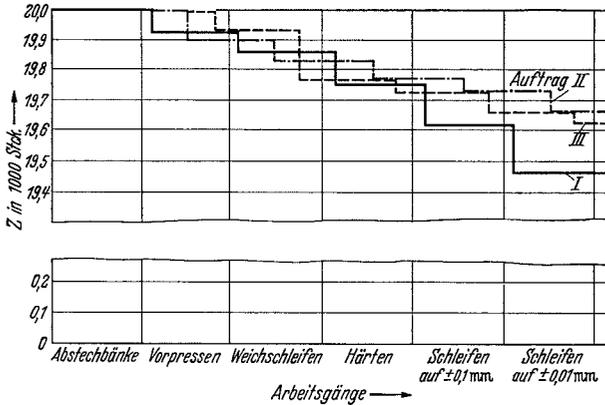


Abb. 1. Vergleich der Liefermengen  $z$  dreier Aufträge im Fertigungsverlauf. Auftragshöhe: je 20 000 Lagerkugeln für Lager 50  $\varnothing$ .

Es handelt sich hierbei um drei nacheinander erteilte Aufträge auf je 20 000 Lagerkugeln für 50iger Lager, welche die Werkstatt in der angegebenen Reihenfolge durchlaufen. Die treppenförmigen Linienzüge sollten sich eigentlich decken, da kein triftiger Grund vorliegt, daß drei unter den gleichen Bedingungen gefertigte Aufträge derart verschieden hohen Ausschuß aufweisen. Das Schaubild hat den Hinweis auf Fehlerhaftigkeit gegeben; es ist nunmehr Aufgabe des Betriebsmannes, die Ursache aufzusuchen und die Fehlerquelle zu beseitigen.

#### 4. Die Mengenleistung.

Die Mengenleistung ist das Maß für die Liefergeschwindigkeit einer Maschine — im weiteren Sinn auch für eine Maschinengruppe oder Werkstatt. Man versteht darunter diejenige Anzahl von Werkstücken, an denen die betreffende Maschine in der Zeiteinheit die vorgeschriebene Arbeitsverrichtung ausgeführt hat. In der Massenfertigung wird sie fast immer auf die Stunde bezogen. Ihre Dimension ist also Stück je Stunde (Stk./Std.).

#### 5. Massenfertigung und Refa-Grundsätze.

Umgekehrt ist auch die Frage nach der *Zeit* wissenswert, die benötigt wird, um an einer gegebenen Anzahl Teile gleicher Art und Größe einen bestimmten Arbeitsgang vorzunehmen, denn die Mengenleistung hängt unmittelbar von der je Stück benötigten Herstellungszeit ab. Es ist also zunächst wichtig, genaue Kenntnis von der Größe dieser Zeitbeträge zu

erhalten. Damit berühren wir nun das Gebiet der *Arbeitszeitermittlung*. Bekanntlich ist dieses Gebiet vom „Reichsausschuß für Arbeitsstudien“ — *Refa*<sup>1</sup> — bis in jede Einzelheit genau untersucht und ausgearbeitet. Es ist jedoch nicht möglich, im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Refa-Methoden erschöpfend zu behandeln. Es sei daher auf das am Schluß des Buches angegebene Schrifttumverzeichnis verwiesen, in welchem einschlägige Arbeiten auf diesem Gebiet angeführt sind.

Im folgenden sollen nur diejenigen, vom Refa geschaffenen Einzelheiten der Zeitgliederung betrachtet sein, die für die Berechnung der Mengenleistung und damit unmittelbar für das Terminwesen Bedeutung haben<sup>2</sup>.

a) Die Rüstzeit  $t_r$ .

Die Rüstzeit dient ausschließlich der Vorbereitung des Arbeitsvorganges, des Arbeiters, des Arbeitsplatzes, der Maschine, des Werkzeuges, des Rohstoffes und des Werkstückes, sowie der Abrüstung, d. h. der Rückversetzung in den ursprünglichen Zustand.

Kennzeichnend für jede Art von Rüstzeit ist die Bedingung, daß die mit ihr verbundene Arbeit bei dem in Betracht kommenden Arbeitsgang für jede beliebige Stückzahl von Werkstücken nur *einmal* vorkommt.

b) Die Stückzeit  $t_{st}$ .

Die Stückzeit dient zur Durchführung des einzelnen Arbeitsganges bei der Herstellung jedes Werkstückes. Die Stückzeit ist daher so oft in die Arbeitszeit einzusetzen, wie Stücke zu bearbeiten sind.

c) Die Verlustzeit  $t_v$ .

Verlustzeiten nennt man Zeiten für solche Tätigkeiten, die keine unmittelbare Beziehung zu einem bestimmten einzelnen Arbeitsauftrag erkennen lassen und die deshalb auf dem Umweg über einen durch besondere Untersuchungen zu ermittelnden, für den betreffenden Betrieb gültigen Schlüssel auf die verschiedenen Grundzeiten umzulegen sind.

Wichtig für unsere Betrachtungen ist die Tatsache, daß die Verlustzeiten sowohl in der Stückzeit als auch in der Rüstzeit enthalten sein müssen.

Wegen weiterer Untergliederungen in Grundzeiten und diese wieder in Haupt- und Nebenzeiten, sei auf das Refabuch verwiesen.

d) Die Vorgabezeit.

Unter Vorgabezeit versteht man den Zeitwert, der dem Arbeiter zur Ausführung einer bestimmten Arbeit vorgegeben wird. Sie wird ihm auf dem Akkordschein entweder unmittelbar als Zeitwert oder umgerechnet als Geldwert bekannt gegeben.

Es erscheint geraten, darauf hinzuweisen, daß die in den Betrieben ausgestellten Vorgabezeiten nicht immer unmittelbar als Unterlage zur Berechnung der Mengenleistung benutzt werden können, obwohl in der

<sup>1</sup> Anschrift: Refa, Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

<sup>2</sup> Die nachstehenden Definitionen sind alle dem 2. Refabuch entnommen.

Vorgabezeit die gesamte, zur Ausführung einer Arbeit notwendige Zeit enthalten ist. Sie kann dann nicht unmittelbar verwendet werden, wenn der Zeitwert zur Bedienung mehrerer Maschinen berechnet ist oder wenn in ihm — jedoch vom Refa keineswegs gebilligt — Zeitzuschläge für Mehrverdienst enthalten sind. Solche Fälle müssen dann natürlich entsprechend berücksichtigt werden<sup>1</sup>.

#### IV. Die Berechnung der Liefermöglichkeit von Maschinen und Werkstätten.

Die Voraussetzung für eine einwandfreie Terminbestimmung ist die Kenntnis der Leistungsfähigkeit der zu überwachenden Werkstätte. Denn die Wirkung der Terminordnung wird in dem Augenblick hinfällig, in dem man nicht mit Bestimmtheit sagen kann, daß die Werkstätten den geforderten Ansprüchen auch tatsächlich gewachsen sind. Daher ist es wichtig, daß der Termin-Ingenieur stets in der Lage ist, sich eindeutige Unterlagen in dieser Beziehung zu beschaffen. Der zeitliche und mengenmäßige Zusammenhang in der Massenfertigung ermöglicht es, die Leistungsfähigkeit der Betriebsmittel formelmäßig zu erfassen. Hierzu sind nachfolgend eine Reihe von Formeln abgeleitet. Bei der Anwendung im Betrieb wird es jedoch vielfach nötig sein, sinngemäße Änderungen vorzunehmen, denn eine einmal gegebene Rechenvorlage kann nicht willkürlich jeder Betriebsart aufgezwungen werden. Es sollen also keine „Rezepte“ aufgestellt werden, sondern nur Anregungen gegeben, wie man die Zusammenhänge in einem Betrieb der Massenfertigung erfassen und entsprechend auswerten kann. So beziehen wir beispielsweise die Vorgabezeit immer auf 1000 Stück, d. h. Vorgabe = Zeit zur Vornahme von je ein und demselben Arbeitsgang an 1000 aufeinanderfolgenden Werkstücken. Auf diese Weise wird das unbequeme Rechnen mit kleinen Bruchteilen von Stunden vermieden, das sich infolge der meist sehr geringen Stückzeiten der Massenfertigung ergibt. Liegen jedoch die Verhältnisse hinsichtlich Stückzeit und Mengen bedeutend anders, so wäre es natürlich empfehlenswert, die Vorgabe auf eine höhere oder niedrigere „Einheitsstückzahl“ zu beziehen.

##### 1. Formel für den Einbauverbrauch.

Der Einbauverbrauch kann allgemein berechnet werden zu

$$(1) \quad M = B \cdot \varepsilon \cdot m \text{ Stck/Std.}$$

Darin ist  $B$  = Leistungsgrundzahl,

$\varepsilon$  = Mengenverhältnis,

$m$  = Anzahl des Teiles im Erzeugnis.

<sup>1</sup> Vgl. IV. Abschnitt, Abs. 3.

**Beispiel:** Ein Werk stellt stündlich 1200 Kugellager in den üblichen Größen her. Der Einbauverbrauch an Kugeln des Lagers 50  $\varnothing$ , das mit 22 vH. an der Gesamterzeugung beteiligt ist, soll berechnet werden. Das Lager hat 12 Kugeln. Somit ist

$$m = 12$$

$$\varepsilon = 0,22$$

Der Einbauverbrauch beträgt also

$$M = 1200 \cdot 0,22 \cdot 12 = 3168 \text{ Stck/Std.}$$

### 2. Formel für die Liefermenge.

Die Liefermenge ist bereits im III. Abschnitt formelmäßig angeführt. Dort wurde festgelegt:

Die von einer Maschine oder Werkstatt stündlich zu fordernde Stückzahl beträgt bei einem Einbauverbrauch von  $M$  Stck.

$$(2) \quad z = M \left( 1 + \frac{a}{100} \right) \text{ Stck.}$$

wenn  $a$  der Ausschußsatz in vH. ist, der bei dem betreffenden Arbeitsgang durchschnittlich anfällt.

### 3. Formel für die Mengenleistung.

Die Mengenleistung  $L$  einer Erzeugungseinheit hängt von der für den betreffenden Arbeitsgang vorgegebenen Stückzeit  $t_{st}$  ab. Die Rüstzeit bleibt unberücksichtigt, weil  $L$  nur diejenige Stückzahl angibt, die in der Zeiteinheit tatsächlich geliefert wird. Man kann daher  $L$  als den Kehrwert der Stückzeit definieren, d. h. es ist

$$L = \frac{1}{t_{st}}.$$

Gewöhnlich ist aber nur die Leistung je *Stunde* wissenswert. Die in den Arbeitsplänen in Minuten angegebenen Stückzeiten müssen dann auf die Stunde umgerechnet werden.

Ist die Stückzeit nicht auf *ein* Stück, sondern auf eine größere Einheit, z. B. 100 oder 1000 oder allgemein  $x$ -Stck. bezogen, so muß die Formel entsprechend abgeändert werden. Für die allgemeine Bezugsgröße  $x$  wird

$$(3) \quad L = \frac{x}{t_{st}} \text{ Stck/Std.}$$

Allen nachfolgenden Leistungsberechnungen ist die Einheitsstückzahl 1000 zugrunde gelegt; damit ist die Formel maßgebend

$$(4) \quad L = \frac{1000}{t_{st}} \text{ Stck/Std.}$$

**Anmerkung.** Wird statt der Stückzeit  $t_{st}$  die auf dem Akkordschein vermerkte *Vorgabezeit* für die Berechnung von  $L$  verwendet, so kann das nur dann unmittel-

bar geschehen, wenn an der Vorgabezeit keinerlei Veränderungen zur Wahrung tarifpolitischer Interessen vorgenommen wurden. In manchen Betrieben ist es noch üblich — entgegen den Refagrundsätzen — schwierige Arbeitsverhältnisse durch einen zeitlichen „Zuschlag für Mehrverdienst“ zu berücksichtigen. Die hierdurch künstlich erhöhte Vorgabezeit würde also eine zu geringe Mengenleistung ergeben und es ist daher notwendig, diese um den entsprechenden Hundertsatz des Zeitzuschlages zu erhöhen.

#### 4. Formel für die Berechnung der Maschinenzahl.

Soll der Umfang der bisherigen Erzeugung aus irgendeinem Grunde erweitert oder eingeschränkt werden, so sieht man sich häufig vor die Frage gestellt, wieviele Maschinen mit gegebener Mengenleistung unter den neuen Verhältnissen benötigt werden. Diese Frage taucht auch dann auf, wenn ein Unternehmen der Massenfertigung das Programm auf seine Durchführungsmöglichkeit untersuchen möchte, oder wenn dem Unternehmen ein neuer Fertigungsweig angegliedert werden soll, für den man die Zahl der zu beschaffenden Maschinen bestimmen will.

Die notwendige Maschinenzahl errechnet sich aus dem Verhältnis der stündlichen Liefermenge zur stündlichen Leistung *einer* Maschine. Theoretisch ist die Maschinenzahl

$$(5) \quad n_{th} = \frac{z}{L}.$$

Werden auf einer Maschine mehrere Werkstücke mit verschiedenen Abmessungen bearbeitet, für die auch verschiedene Stückzeiten vorliegen, so muß das entsprechend berücksichtigt werden. Es ist dann

$$(5a) \quad n_{th} = \frac{z_1}{L_1} + \frac{z_2}{L_2} + \dots + \frac{z_x}{L_x}$$

Z. B. dauert das Ausbohren eines Stellinges von 100  $\varnothing$  länger als das eines von 35  $\varnothing$ ; werden nun beide Größen in verschiedenen Mengen in der Fertigung verwendet, so tritt der zuletzt geschilderte Fall ein.

Das Verhältnis  $\frac{z}{L}$  weist meistens einen Wert auf, der größer oder kleiner als eine ganze Zahl ist. Die wirkliche Maschinenzahl  $n_w$ , die man verwenden will, wird also durch Auf- oder Abrunden auf eine ganze Zahl erreicht. Rundet man ab, d. h. wird  $n_w < n_{th}$ , so muß man sich darüber klar sein, daß dies nur auf Kosten von Überstunden geschehen kann, welche die betreffende Maschinengruppe über die normale Arbeitszeit hinaus zu leisten hat. Bei der Festlegung von  $n_w$  ist ferner zu prüfen:

- a) Wie groß ist der Grad der Empfindlichkeit von Maschinen und Werkzeugen ?
- b) Wie oft müssen die Maschinen innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes neu eingerichtet werden (Rüstzeiten) ?

Zu a): Der Grad der Empfindlichkeit kann auf den ungehinderten Fortgang der Arbeiten u. U. einen recht bedeutenden Einfluß ausüben.

Bekannt sind in der Stanztechnik die Unterbrechungen, die durch Unbrauchbarwerden des Schnittes entstehen. Nicht immer läßt sich der Schaden allein durch Auswechseln des fraglichen Stückes beheben. Es entstehen oft erhebliche Zeitverluste, die sich gefährlich für die Gleichmäßigkeit des Arbeitsablaufes auswirken können. Es ist daher empfehlenswert, dort, wo mit solchen Zeitverlusten öfters gerechnet werden muß, deren Größe durch besondere Beobachtungsverfahren, z. B. auf statistischem Wege zu ermitteln und bei der Festlegung von  $n$  zu berücksichtigen.

Zu b): Der Einfluß der Rüstzeiten sollte bei Berechnungen des Maschinenbedarfs oder bei Aufstellungen des Belastungsgrades immer untersucht werden. Dieser Punkt wird vielfach noch zu wenig beachtet, und es herrscht dann Verwunderung, wenn trotz genau berechneter Maschinenzahl Termenschwierigkeiten auftreten, oder wenn das Einstellpersonal — namentlich im Automatenbetrieb — Nächte hindurch arbeiten muß, damit die Maschinen rechtzeitig in Betrieb genommen werden können.

Sind die auf der betreffenden Maschinengruppe zu fertigenden Aufträge ihrer Höhe nach bekannt, so läßt sich die Untersuchung auf einfache Weise anstellen. Man rechnet die Summe der anfallenden Fertigungszeiten während eines nicht zu kurzen Zeitraumes auf Grund der jeweiligen Mengenleistungen  $L$  aus und vergleicht sie mit der Summe der zugehörigen Rüstzeiten. Es ist also das Verhältnis  $\Sigma t_r : \Sigma T$  aufzustellen, wobei  $T = \frac{h}{L}$ , d. i. die Fertigungszeit (ohne Rüstzeit) eines Auftrages mit der Höhe  $h$  Stck. Nur dann, wenn das Verhältnis sehr klein ist (etwa  $< \frac{1}{100}$ ), so darf der Einfluß der Rüstzeiten vernachlässigt werden. Statt dieses Verhältnis aufzustellen, kann man  $t_r$  auch formelmäßig erfassen, wie nachstehend gezeigt wird. Von der Formel sollte immer dann Gebrauch gemacht werden, wenn hohe Rüstzeiten und niedere Auftragshöhen zusammenkommen.

Da die Rüstzeit bei jedem Auftrag nur einmal vorkommt, so kann man sie auch nur auf diesem Umweg mit berücksichtigen. Wir fassen dabei zunächst nur einen einzigen Auftrag ins Auge. Bei einer Mengenleistung von  $L$  Stck/Std. beträgt die Gesamtzeit, während der die Maschine (oder Maschinengruppe — was im folgenden nicht mehr besonders betont sei) durch die vorliegende Arbeit besetzt ist:

$$(6) \quad T_{ges} = t_r + \frac{h}{L} \text{ Std.}$$

Diesen Zeitbetrag kann man sich auch zustande gekommen denken durch eine „reduzierte“ Mengenleistung  $L_{red}$ , die etwas geringer ist als die tatsächliche Leistung  $L$ . Gl. (6) wäre dann zu schreiben

$$(7) \quad T_{ges} = \frac{h}{L_{red}}.$$

Dabei ist zu bedenken, daß  $L_{red}$  nur ein begriffliches Hilfsmittel ist, da sich die Mengenleistung in Wirklichkeit ja nicht vermindert. Ihre Größe kann aus Gl. (7) bestimmt werden, wenn man  $T_{ges}$  durch Gl. (6) ausdrückt. Es ist dann

$$(8) \quad L_{red} = \frac{h}{t_r + \frac{h}{L}}.$$

Mit diesem Ausdruck wird nun die Maschinenzahl berechnet:

$$n' = \frac{z}{L_{red}} = \frac{z}{\frac{h}{t_r + \frac{h}{L}}}$$

oder nach Umformung

$$n' = \frac{z}{L} + \frac{z}{h} t_r.$$

Da  $\frac{z}{L} = n_{th}$  ist, so ergibt sich die Schlußgleichung

$$(9) \quad n' = n_{th} + \frac{z}{h} t_r.$$

Diese Formel gilt jedoch nur für einen einzigen Auftrag. In Wirklichkeit liegt der Fall so, daß innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes eine größere Anzahl Aufträge erledigt werden muß, die sowohl verschiedenen hoch sein, als auch ungleichgroße Rüstzeiten haben können. Man hat also die Summe aller Aufträge, die auf der betreffenden Maschine zu bearbeiten sind, sowie ihre zugehörigen Rüstzeiten während eines genügend langen Zeitraumes zu betrachten. In der Massenfertigung lassen sich diese Größen gewöhnlich ohne Mühe angeben. Gl. (9) ändert sich dann in

$$(10) \quad n' = n_{th} + \Sigma \frac{z}{h} t_r.$$

Hierin ist  $n'$  die Maschinenzahl, die sich unter Berücksichtigung der anfallenden Rüstzeiten ergibt.

### 5. Formel für den Belastungsgrad.

Zwischen Terminbüro und Betrieb entstehen häufig Streitigkeiten über die Frage, welche Stückzahlen von den Werkstatt verlangt oder umgekehrt von ihr geliefert werden können. Ferner ist es oft bedeutungsvoll, die Belastung einer Werkstatt in Erfahrung zu bringen, weil man danach Maßnahmen hinsichtlich der Erledigung weiterer Aufträge treffen und gegebenenfalls auch Personal- und Verrechnungsfragen klären kann. Aus diesen Gründen stellt man den Belastungsgrad  $\beta$  fest, der angibt, zu

wieviel vH. eine Erzeugungseinheit (auch Werkstatt) durch die ununterbrochene Fertigung ausgenutzt ist.

Grundsätzlich läßt sich der Belastungsgrad durch das Verhältnis der benötigten zur vorhandenen Arbeitsstundenzahl ausdrücken. Diese Zahlen lassen sich jedoch nicht immer einwandfrei erfassen, so daß es häufig praktischer ist,  $\beta$  als das Verhältnis der theoretisch benötigten zur wirklich vorhandenen *Maschinenzahl* darzustellen. Es ist also

$$(11) \quad \beta = \frac{n_{th}}{n_w} = \frac{z}{L}$$

Gegebenenfalls ist auch zu setzen:

$$\beta = \frac{n'}{n_w}$$

Für den allgemeinen Fall, daß auf einer Maschinengruppe mehrere Teile mit verschieden großer Stückzeit bearbeitet werden:

$$(11a) \quad \beta = \frac{\frac{z_1}{L_1} + \frac{z_2}{L_2} + \dots + \frac{z_x}{L_x}}{n_w}$$

Statt der Mengenleistungen gibt man hier besser die Zeitvorgaben an.

Mit  $L = \frac{x}{t}$  ist dann

$$(12) \quad \beta = \frac{\frac{z_1 t_1}{x} + \frac{z_2 t_2}{x} + \dots + \frac{z_x t_x}{x}}{n_w} = \frac{\sum zt}{n_w}$$

**Beispiel.** In der Gießerei einer Gasofenfabrik stehen für die laufende Fertigung zwei Sonder-Gießmaschinen zur Herstellung von zwei bestimmten Gußstücken zur Verfügung. Die Stückzeiten betragen

$$\begin{aligned} t_1 &= 5,7 \text{ Std./1000} \\ t_2 &= 6,4 \text{ Std./1000} \end{aligned}$$

Es ist zu prüfen, ob noch ein drittes Teil mit  $t_3 = 4,8$  Std./1000 auf diesen Maschinen hergestellt werden kann.

Die Leistungsgrundzahl des Werkes beträgt 130 Stck/Std. und ist hier mit dem Einbauverbrauch identisch; der Ausschuß, der bei diesen Teilen in der Gießerei und in den nachfolgenden Werkstätten anfällt, wird mit etwa 6 vH. angegeben.

Die Liefermenge beträgt also

$$z = M \left( 1 + \frac{a}{100} \right) = 130 \cdot 1,06 = 138 \text{ Stck/Std.},$$

wobei  $z$  in diesem Fall für alle Teile gleich groß ist.

Der Belastungsgrad bei Belegung mit Teil 1 und 2 ist

$$\beta = \frac{z}{1000} \frac{(t_1 + t_2)}{n_w} = \frac{138}{1000} \frac{(5,7 + 6,4)}{2} = 0,84.$$

Wird das dritte Teil auch noch auf den beiden Maschinen gegossen, so lautet der Belastungsgrad

$$\beta = \frac{138}{1000 \cdot 2} (5,7 + 6,4 + 4,8) = 1,17.$$

Aus diesen Berechnungen geht hervor, daß die Maschinen bei Belegung mit Teil 1 und 2 nur mit 84 vH. ihrer vollen Leistungsfähigkeit ausgenutzt sind. Sie sind also nicht ununterbrochen in Betrieb. Die Pausen können zu Instandsetzungs- oder Überholungsarbeiten verwendet werden.

Wollte man Teil 3 hier auch noch unterbringen, so ergäbe sich eine Überbelastung von 17 vH., die innerhalb der normalen Arbeitsstunden nicht ausgeglichen werden kann. Maschinen, deren Belastungsgrad = 1, oder, wie in obigem Fall, gar > 1 ist, können aber leicht ernste Betriebsstörungen hervorrufen, wenn sie einmal infolge eines Schadens ausfallen müssen. Aus diesem Grunde sollte man nur sehr teure Maschinen so ausnutzen, daß sie dauernd in Betrieb sind, denn in diesem Fall läßt sich das durch die günstigere Abschreibung rechtfertigen.

## V. Die Fertigungsgrade.

Den Werdegang eines in großen Massen hergestellten Erzeugnisses nennt man den Fertigungsfluß. Er ist je nach Art und Beschaffenheit des Erzeugnisses mehr oder weniger stark verästelt. Die genaue Kenntnis dieses Flusses ist für die Terminordnung die wichtigste Unterlage zur Schaffung eines geregelten Arbeitsablaufes. Naturgemäß weist hierin jeder Betrieb seine Eigenheiten auf, so daß man keine allgemeingültige Norm aufstellen kann.

Der Fertigungsfluß zeigt, auf die einfachsten Verhältnisse zurückgeführt, folgenden Gang:

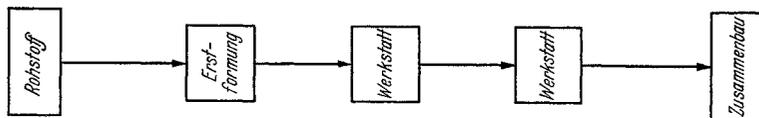


Abb. 2. Schematische Darstellung des Fertigungsflusses ohne Unterbrechung durch Zwischenlager.

Die „Erstformung“ ist der Urzustand des künftigen Fertigteil, also diejenige Form, die das Rohteil unmittelbar nach dem Herausarbeiten aus dem Rohstoff einnimmt. Den Zustand der Erstformung hat z. B.

bei gegossenen Teilen der Gußrohling, bei gestanzten Teilen das unbearbeitete Stanzteil inne.

Im Verlauf der weiteren Bearbeitung durchlaufen die Werkstücke nun weitere Arbeitsgänge, wobei sie den Grad ihres Fertigungszustandes ständig steigern. Aus organisatorischen Gründen ist es vorteilhaft, wenn man solche Arbeitsgänge, die einen *deutlichen Fortschritt* im Sinne der Fertigstellung am Werkstück hervorrufen, zu Gruppen zusammenfaßt und als „*Fertigungsgrade*“ mit besonderen Bezeichnungen versieht.

Der Rohstoff hat den Fertigungszustand „null“. Er unterscheidet sich lediglich durch die Form seiner Anlieferung, z. B. als Rundeisen oder Bandstahl oder Preßmasse usw. Durch die Erstformung erhält es seinen 1. Fertigungsgrad (auch 1. Fertigungsstufe genannt), und man spricht je nach Herkunft und Aussehen von Automaten-, Stanz-, Preßrohteilen, die man mit sinngemäßen Kurzbezeichnungen versieht. So nennen wir im folgenden

Werkstücke, die auf Automaten hergestellt wurden. . . . .	<i>A</i> -Teile
„ „ auf Stanz- oder Ziehpressen hergestellt wurden	<i>S</i> -Teile
„ „ gegossen wurden . . . . .	<i>G</i> -Teile
„ „ aus Preßmasse hergestellt wurden . . . . .	<i>P</i> -Teile
	usw.

Diese Bezeichnungen weisen also auf die Art der Entstehung der Teile hin. Sie erhalten sie mit dem Abschluß der Erstformung. So erhält beispielsweise der Gußrohling seine Bezeichnung „*G*“, in dem Augenblick, in dem der letzte, mit dem Gießverfahren zusammenhängende Arbeitsgang beendet ist. Als *G*-Teil wandert er dann in die nächste Werkstatt, wo er diesen Grad so lange führt, bis alle dort vorgeschriebenen Arbeitsgänge erledigt sind, oder auch bis er durch die Art der Arbeitsgänge wiederum einen höheren Fertigungsgrad erhält. Diesen benennt man dann gleichfalls sinngemäß nach dem gegenwärtigen Aussehen des Werkstückes oder nach der Art der vorgenommenen Arbeiten. So kann man etwa ein Teil, das vernickelt wurde, *Ni*-Teil nennen usw.

Da wir in unserer Abhandlung neutrale Bezeichnungen benötigen, so nennen wir diejenigen Teile, welche die Erstformung erfahren haben, kurz *E*-Teile; hat ein *E*-Teil eine Bearbeitung erfahren, die seinen Herstellungsgang noch nicht völlig abschließt, so nennen wir es Vorfertigteil (*VF*). Das *VF*-Teil endlich erhält die Bezeichnung „Fertig“, (*F*) wenn es werkstattmäßig keine Bearbeitung mehr erfährt und zum Zusammenbau verwendet werden kann. Diese Stufung ist in Abb. 3 schematisch dargestellt.

Nun gibt es in der Fertigungstechnik häufig Werkstücke, die unmittelbar durch ihre Erstformung einbaufähig werden. Dazu gehören alle jene Teile, die durch Stanzen, Pressen, Drehen u. dgl. eine Form erhalten, in der sie ohne jede weitere Bearbeitung die gewünschte Aufgabe im Er-

zeugnis erfüllen können. Sie erhalten in der Stufung also sofort nach der Erstformung den Endfertiggrad ( $F$ ). Zum Hinweis auf die Art ihrer Entstehung kann man der Kurzbezeichnung  $F$  den entsprechenden Buch-

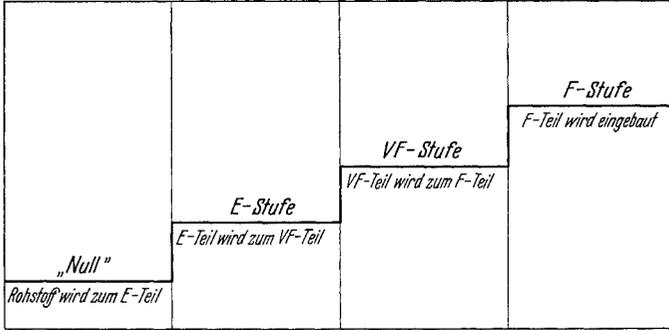


Abb. 3. Steigerung des Fertigungszustandes bei einem Erzeugnis-Bestandteil.

staben hinzufügen, etwa  $FP$ -Teil wenn sie gepreßt,  $FA$ -Teil, wenn sie auf einem Drehautomaten hergestellt worden sind (sehr häufiger Fall).

Unter  $F$ -Teilen versteht man aber nicht nur Einzelteile, die ihre werkstattmäßige Bearbeitung beendet haben. Zu ihnen gehören vor allen Dingen auch die sog. Teilgruppen. Das sind selbständige Bauelemente des Enderzeugnisses, die aus mehreren Einzelteilen bestehen und die vor ihrer eigentlichen Verwendung im Zusammenbau, schon in einer Fertigungswerkstatt „vormontiert“ werden. Dies kann durch jedes denkbare Verfahren geschehen, durch Nieten, Punktschweißen, Zusammenstecken usw. Wesentlich ist, daß diese Arbeiten nicht inner-

halb der eigentlichen Zusammenbauarbeiten des Erzeugnisses ausgeführt werden, so daß sie also im allgemeinen auch nicht in der Zusammenbau-Werkstätte stattfinden.

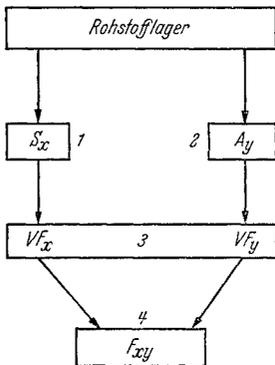


Abb. 4. Schematische Darstellung des Werdegangs einer aus zwei Einzelteilen ( $x$  und  $y$ ) bestehenden Teilgruppe.

1 Stanzerei, 2 Automatendreherei, 3 Nieterei, 4 Zusammenbau.

Eine Teilgruppe ist z. B. schon ein Rad, das mit einem Trieb zusammengenietet ist. Jedes dieser Teile macht seinen eigenen Werdegang durch. Das Rad habe die Teilnummer  $x$ , der Trieb die Teilnummer  $y$ . Das Rad erfährt seine Erstformung in der Stanzerei ( $Sx$ ), der Trieb dagegen in der Automattendreherei ( $Ay$ ). (Vgl. Abb. 4.) Beide erhalten in Werkstatt 3 durch Einfräsen der Verzahnung den  $VF$ -Grad. In Werkstatt 4 werden die Teile aneinandergenietet, wodurch sie zur  $F$ -Gruppe werden. In diesem

Zustand gelangen sie dann in den Zusammenbau, wo erst ihr endgültiger Einbau in das Erzeugnis erfolgt.

Die Einführung von Fertigungsgradbezeichnungen erleichtert die Organisation sehr erheblich und fördert die Übersicht über den Arbeitsfluß. Unumgänglich notwendig wird die Bezeichnung aber dann, wenn die Teile, wie im nächsten Abschnitt behandelt ist, in den einzelnen Stufen ihres Werdeganges zwischengelagert werden.

## VI. Das Fertigungslager.

### 1. Organisatorische Gesichtspunkte.

Es ist in der Massenfertigung fast immer üblich, den Arbeitsfluß durch ein oder mehrere Zwischenlager zu unterbrechen, weil die Fertigung dadurch bedeutend flüssiger gehalten werden kann. Bei nur einmaliger Lagerung fließen die fertigen Bestandteile des Erzeugnisses in einer Zentralstelle zusammen, von der aus sie nach Bedarf dem Zusammenbau zugeführt werden.

In den Fertigungsfluß solcher Erzeugnisse, deren Bestandteile in sehr vielen Arbeitsgängen und unter Anwendung der verschiedensten Verfahren hergestellt werden, schaltet man vorteilhaft mehrere Zwischenlagerungen ein. Man kann auf diese Weise Unregelmäßigkeiten im Arbeitsfluß ausgleichen, die infolge ungleichgroßer Herstellungsgeschwindigkeit einzelner Maschinengruppen entstehen. Die Teile werden also in jedem Fertigungsgrad von neuem gelagert und es entsteht folgender Ablauf:

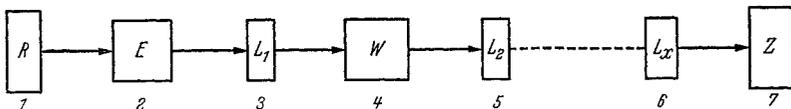


Abb. 5. Schematische Darstellung des Fertigungsflusses mit Unterbrechungen durch Zwischenlager. 1 *R* Rohstoff. 2 *E* Erstformung (Stanzteil, Gußteil, Preßteil, je nach Ausgangswerkstoff und Herstellungungsverfahren). 3 *L*<sub>1</sub> 1. Zwischenlagerung als *E*-Teil. 4 *W* Werkstattdurchlauf. 5 *L*<sub>2</sub> 2. Zwischenlagerung u.w. 6 *L*<sub>*x*</sub> Letzte Einlagerung als *F*-Teil (*F*-Gruppe). 7 *Z* Zusammenbau der Teile.

Wie oft ein Teil im Verlauf seines Werdeganges gelagert werden soll, ob in jeder Stufe, oder nach mehreren aufeinanderfolgenden, oder nur vor dem Zusammenbau, kann natürlich nicht allgemein entschieden werden. Vor allen Dingen sind die Abmessungen und die Mengen der zu lagernden Werkstücke ausschlaggebend, weil jede Lagerung Platz und Geld kostet. Man wird das Optimum zu suchen haben zwischen den Anforderungen des Betriebes und der Wirtschaftlichkeit. In diesem Zusammenhang sei auf den Abschnitt „Wirtschaftlichste Auftragsstückzahl“ hingewiesen, wo gezeigt wird, wie man ein solches Optimum rechnerisch bestimmen kann.

Im folgenden wollen wir auf einige organisatorische Fragen des Lagerwesens eingehen, da Termin- und Lagerwesen eng miteinander verbunden sind.

Es sollten grundsätzlich alle Teile eines ununterbrochen hergestellten Erzeugnisses gelagert werden, weil man sich nur auf diese Weise vor unliebsamen Unterbrechungen des Betriebsflusses schützen kann. In Frage kommen also sowohl die im Werk selbst hergestellten „Eigenteile“, als auch die von außerhalb bezogenen „Fremdteile“.

Lagertechnisch unterscheidet man noch:

a) *Normalteile*, welche die Bestandteile des normalerweise in Massen hergestellten Erzeugnisses sind.

b) *Sonderteile*, welche auf Grund von Sonderwünschen der Kunden keine normale Ausführung erhalten. Sie werden nur von Fall zu Fall nach Maßgabe des Fertigungsprogrammes in der gewünschten Stückzahl hergestellt.

c) *Normteile*, das sind Teile, die nach DIN genormt sind. Sie können Normal- oder Sonderteile sein, je nachdem ein genormtes Teil laufend im Erzeugnis oder nur auf Wunsch eines Kunden zur Verwendung kommt.

Für die Überwachung ist es in erster Linie wichtig, alle zur Lagerung gelangenden Teile in einer Kartei zu erfassen. Zu diesem Zweck benummert man die Teile der Erzeugnisse nach der Stückliste. Dies geschieht nach folgenden Gesichtspunkten:

a) Die Benummerung muß jedes Einzelteil des Erzeugnisses erfassen.

b) Die einmal erteilten Nummern bleiben in sämtlichen Fertigungsgraden gleich. Die Unterscheidung erfolgt allein durch die Kurzbezeichnungen.

c) Wird ein Erzeugnis in verschiedenen Größen oder Ausführungsformen hergestellt, so ist es empfehlenswert, alle gleichartigen (korrespondierenden) Teile mit derselben Nummer zu versehen. Stellt z. B. eine Firma fünf verschiedene Größen von Gleichstrommotoren her, so erhalten etwa die Gehäuse alle die Nummer 1, die Läufer die Nummer 2 usw. Die Größen selbst unterscheidet man durch Kurzzeichen (Buchstaben, römische Ziffern u. ä.).

Diese Benummerung ist allerdings nur dann zweckmäßig, wenn die einzelnen Muster in ihrem Aufbau „ähnlich“ sind, d. h. wenn sie in Konstruktion und Teilezahl nicht zu stark voneinander abweichen. So wird man beispielsweise in der Rundfunkindustrie, wo man es u. U. mit Erzeugnissen vom einfachsten Kleinempfänger bis zum teuersten und verwickeltsten Gerät zu tun hat, möglichst jedes Muster für sich durchnummern, um Verwechslungen und Unstimmigkeiten zu vermeiden.

Die Gesamtbezeichnung eines Lagerteiles umfaßt also:  
 Teilnummer,  
 Bezeichnung des Fertigungsgrades,  
 Bezeichnung des Baumusters oder der Größe.

Über fertig ausgearbeitete Karteikarten und die Anordnung ganzer Karteien stellt die einschlägige Industrie zahlreiche Unterlagen für jeden Verwendungszweck zur Verfügung. Sehr zu empfehlen ist eine sog. Sichtkartei<sup>1</sup>, die ein bequemes und rasches Arbeiten gestattet. Man führt die Karten in der Weise aus, daß sie sowohl als Lagerkartei als auch zur Auftrags- und Fertigungsüberwachung dienen können. Ein Muster einer solchen Karte ist nachstehend gezeichnet (Abb. 6).

Teilgruppe		Teil Nr.		Fertigungsgrad		Werkstatt					
Baumuster		Benennung		Werkstoff							
Sicherheit	Bestellmenge	Bestell-Best.	Berichtigs.-Größe	gekoppelt mit		Bemerkung					
Bestellung				Lieferung		Aus-schuß		Lagerbewegungen			
Bestell-tag	Auftr.-Nr.	Stück	Termin	gut	Auf-rechnung	Stück	Datum	Auftr.-Nr.	Ein-gang	Ausgang	Bestand
										Über-trag	
Kartei Nr.		Karte Nr.				Übertrag					

Abb. 6. Karteikarte zur Überwachung des Lagerbestandes und der Liefertermine.

Über jedes Lagerteil wird eine eigene Karte geführt. Teile, die auch in den einzelnen Fertigungsgraden zwischengelagert werden, erhalten nochmals für jeden Grad ihrer Fertigung eine eigene Karte.

Die Einordnung der Karten läßt natürlich vielerlei Möglichkeiten zu. So etwa die Einordnung nach Fertigungsgraden, nach Baumustern oder Größen usw. Entscheidend sind allein die jeweiligen Belange des Betriebes und die Forderung, die man an die Übersicht der überwachten

<sup>1</sup> Deutsche Sichtkartei GmbH. Berlin W 8.

Gegenstände stellt. Denn es ist der Zweck der Karteiführung, die Möglichkeit zu schaffen, jederzeit einen genauen Überblick über die Lagerbestände und Werkstattaufträge, sowie deren Lieferfristen zu geben. Sie stellt gleichsam das Meßgerät dar, an welchem die mengen- und zeitmäßigen Vorgänge in der Fertigung abgelesen werden können.

## 2. Theorie der Lagerbewegungen.

Unter Lagerbewegungen versteht man jede durch den Betrieb hervorgerufene Änderung im Lagerbestand eines Erzeugnisteiles. Die Entwicklung einer besonderen Theorie hierfür könnte vielleicht etwas übertrieben erscheinen. Der Begriff soll jedoch nicht zu eng aufgefaßt werden, weil wir hierunter in der Hauptsache die eingehende Untersuchung der Vorgänge verstehen wollen, die bei der regelmäßigen Zuführung und Entnahme großer Massen von Teilen im Lager auftreten. Die Steuerung dieser Bewegung im Hinblick auf günstigstes Zusammenwirken aller bei der Fertigung beteiligter Stellen gibt Antwort auf die Frage nach dem „wann?“ und „wieviel?“ der innerwerklichen Aufträge. Das aber sind die gleichen Fragen, zu denen man auch im Terminwesen Stellung nehmen muß, so daß zugleich auch für letzteres wichtige Schlüsse gezogen werden können. Der Geltungsbereich erstreckt sich auf alle diejenigen Zweige der Massenfertigung, die innerhalb sehr langer Zeitabschnitte (Jahre, Gruppe 1 und 2) ein bestimmtes Erzeugnis — oder mehrere verschiedene Erzeugnisse gleichzeitig — herstellen.

Wichtig ist die Tatsache, daß wir bei den folgenden Darstellungen immer nur ein *einziges* und zwar beliebiges Lagerteil ins Auge fassen, dessen Bewegungen wir verfolgen. Dabei legen wir den Allgemeinfall zugrunde, daß dieses Teil auf seinem Werdegang dreimal eingelagert wird, nämlich als *E*-, *VF*- und *F*-Teil.

Stellt man die Lagerbewegungen eines solchen Teiles graphisch dar, so erkennt man zweierlei Bewegungsrichtungen: Eine zeitliche, in der Längsrichtung des Diagramms und eine mengenmäßige, in der Querrichtung, d. h. senkrecht zur Zeitachse verlaufende Bewegung (wenn man sich das Diagramm räumlich vorstellt).

### A. Die Längsbewegung.

Wir tragen auf der Abszisse eines rechtwinkligen Achsenkreuzes die Zeit ab und auf der Ordinate die Höhen der Lagerbestände (Abb. 7).

Die ausgezogene Linie stellt das Diagramm dar, welches sich ergibt, wenn man die durch Teileentnahme (Absaugung) und Neuzuführung entstehenden Schwankungen des Lagerbestandes in einer *beliebigen* Fertigungsstufe über mehrere Zeitabschnitte (Perioden) verfolgt. Wir machen dabei die vereinfachende Annahme, daß die Absaugung gradlinig, d. h. während des ganzen Zeitabschnittes gleichmäßig erfolgt. In Wirklichkeit

erhielte man eine stufenförmig gebrochene Linie, weil man ja nicht dauernd Stück für Stück dem Lager entnimmt, sondern ein oder mehrmals einen größeren Posten.

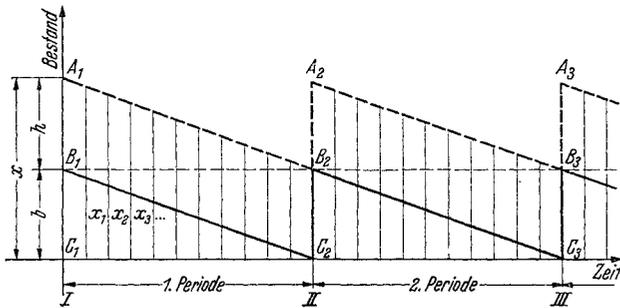


Abb. 7. Schaubild der Längsbewegung. Absaugung bis auf den Bestand „0“.

— Diagramm des greifbaren Lagerbestandes. - - - - Diagramm des ideellen Lagerbestandes.

Es verringert sich also der am Tag I im Lager befindliche Bestand von der Größe  $b$  während der ganzen 1. Periode bis er am Punkt  $C_2$  Null geworden ist. Unterdessen wurden in der Werkstatt neue Teile für die fragliche Stufe angefertigt, die an einem bestimmten Tag ins Lager eingeliefert werden müssen. Nun wissen wir aber, daß jede Werkstatt in der Lage ist, in der Zeiteinheit so viele Teile herzustellen, wie in der übrigen Fertigung oder im Zusammenbau in der gleichen Zeit verbraucht werden (vgl. Abschnitt IV „Berechnung der Maschinenzahl“). Ein bei I bestellter Auftrag, der so bemessen ist, daß er den Bedarf für den gegebenen Zeitabschnitt deckt, wird also dann von der Werkstatt ins Lager abgeliefert werden, wenn der Bestand  $b$  aufgebraucht ist. Damit für den folgenden Zeitabschnitt der Bedarf gesichert ist, so muß ein neuer Auftrag von der Höhe  $h$  dann bestellt werden, wenn  $b = 0$  geworden ist. Theoretisch ist im selben Augenblick auch der Auftrag I eingeliefert, so daß dauernd ein Bestand vorhanden ist. Der *ideelle* Gesamtbestand an greifbaren (d. h. im Lager befindlichen) und bestellten Teilen ist in der Abbildung durch die gestrichelte Linie dargestellt. Er hat einen Wert

$$X = b + h,$$

der sich gemäß der Absaugung stetig verkleinert, bis er an den Punkten  $B_1, B_2, B_3$  usw. jeweils nur noch den Wert  $b$  hat. Man nennt den durch diese Punkte bezeichneten Lagerbestand ( $b$ ) „die Bestellgrenze“ (Bestellbestand), weil hier eine neue Bestellung fällig ist.

Betrachtet man das folgende Diagramm (Abb. 8), so erkennt man, daß dort im wesentlichen der gleiche Vorgang aufgezeichnet ist wie in Abb. 7. Der Unterschied besteht nur darin, daß jetzt die Bewegungen nicht mehr zwischen Null und dem Höchstbestand pendeln, sondern sich

über einer Linie abspielen, die im Abstand  $s$  parallel zur Abszisse verläuft. Die Absaugung bis auf den Null-Bestand wäre aus Gründen verbilligter Lagerhaltung durchaus zu befürworten. Doch liegt darin eine gewisse Gefahrenquelle für die Aufrechterhaltung des unterbrechungslosen Fertigungsflusses. Durch eine geringfügige Betriebsstörung oder aus sonst irgendwelchen unvorhersehbaren Gründen kann sich die Auslieferung eines ganzen Auftrages verzögern, so daß alle nachfolgenden Stellen, die auf dauernde Zuführung von Teilen angewiesen sind, ebenfalls ins Stocken geraten. Nichts aber ist unerwünschter und kostspieliger in der Massenfertigung als die erzwungene, zeitweilige Stillsetzung von Fertigungsgruppen innerhalb des Gesamtflusses.

Um dieser Möglichkeit zu begegnen, läßt man gerne in jeder Stufe eine bestimmte Anzahl Teile, den sog. Sicherheitsbestand, auf Lager liegen. Seine Höhe kann nicht allgemeingültig festgelegt werden, da die jeweiligen besonderen Umstände in einem Betrieb maßgebend sind. Hat man erkannt, daß für die Zusammenarbeit der einzelnen Betriebsstellen möglichst gleichmäßige Lagerbewegungen vorteilhaft sind, so wird man ihn naturgemäß gleich einer normalen Auftragshöhe setzen, so daß er jederzeit an deren Stelle einspringen kann. In diesem Fall wird dann  $h = s$ , wenn  $s =$  Höhe des Sicherheitsbestandes (Abb. 8). Allerdings muß man sich darüber klar sein, daß sich dann auch die Höhe des im Lager festliegenden Kapitals verdoppelt, das entsprechend zu verzinsen ist<sup>1</sup>.

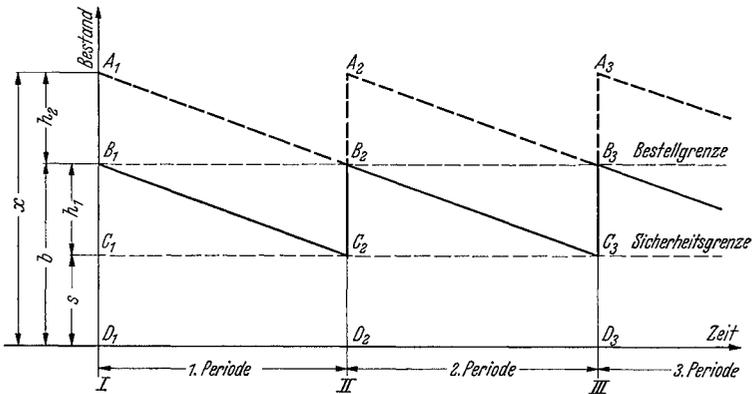


Abb. 8. Schaumbild der Längsbewegung. Absaugung bis auf den Sicherheitsbestand „ $s$ “.  $s$  Sicherheitsbestand,  $b$  greifbarer Bestand,  $X$  ideeller Gesamtbestand,  $h_1$  zur Absaugung verfügbarer Bestand (eingelieferter Auftrag),  $h_2$  bestellter Auftrag.

Wir sehen, daß jetzt die Bestellgrenze wiederum an den Punkten  $B_1 B_2$  usw. liegt, so daß hier die neuen Aufträge von der Höhe  $h_2$  erteilt werden müssen. Der ideelle Gesamtbestand  $AD$  hat nunmehr den Wert

<sup>1</sup> Vgl. Abs. 3 Seite 29.

$X = b + h_2$ . Der greifbare Bestand  $b$ , welcher der Fertigung zur Verfügung steht — also abzüglich der Sicherheitsmenge ist  $h_1 = b - s$  (Strecke  $BC$ ). Die Linie der wirklichen Bewegung (gestrichelte Linie) sinkt im Gegensatz zu derjenigen in Abb. 7 nun aber nicht mehr bis auf Null, sondern nur bis auf den Wert  $s$  (Punkt  $C$ ), den er am Ende jeder Periode annimmt. Die Größe  $h_1$  ist hier die Anzahl Teile, die der vorhergehende Auftrag ins Lager gebracht hat. Daher ist  $h_1 = h_2$  und wenn die Sicherheitsmenge gleich einer Auftragshöhe festgesetzt wurde:

$$h_1 = h_2 = s.$$

### B. Die Querbewegung.

Unter Querbewegung versteht man die Lagerbewegung, die sich durch die Bestandsänderung innerhalb der Fertigungsstufen ergibt. Wenn nämlich an den Punkten  $B_1 B_2$  usw. (Abb. 7 und 8) eines  $F$ -Teils der Bestellbestand erreicht ist, so wird durch die Neubestellung eine Lagerbewegung ausgelöst, die sich durch alle Stufen rückwärts fortsetzt. Sie hat — wenigstens theoretisch — keine zeitliche Ausdehnung (Abb. 9).

Die Abbildung stellt sozusagen den Querschnitt durch die drei Stufen  $F, VF, E$  dar, den man erhält, wenn man das Diagramm der Längsbewegung nach Abb. 7 an einer der Geraden  $AC$  durchschneidet.

Die Senkrechten  $AC$  bedeuten die Lagerbestände des Teiles in den drei Fertigungsstufen.

Die Punkte sind mit den gleichen Buchstaben bezeichnet wie in Abb. 7.  $X$  ist der ideelle Gesamtbestand, der sich — zunächst nur beim  $F$ -Teil — nach und nach verringert (Strecke  $A_F C_F$ ). Ist bei  $B_F$  die Bestellgrenze erreicht, so wird zur Ergänzung des  $F$ -Bestandes ein Auftrag  $h$  erteilt. Die hierzu benötigten  $VF$ -Teile (Strecke  $B_{VF} C_{VF}$ ) werden dem Lager entnommen und der Werkstatt zugeführt. Dadurch ist aber auch der  $VF$ -Bestand auf die Höhe  $b$  gesunken (Punkt  $B_{VF}$ ) und muß seinerseits ergänzt werden. Also wird die zweitnächste Werkstatt beauftragt, durch Bearbeitung der entsprechenden Menge  $E$ -Teile den  $VF$ -Bestand auf die ursprüngliche Höhe zu ergänzen. Naturgemäß wiederholt sich der-

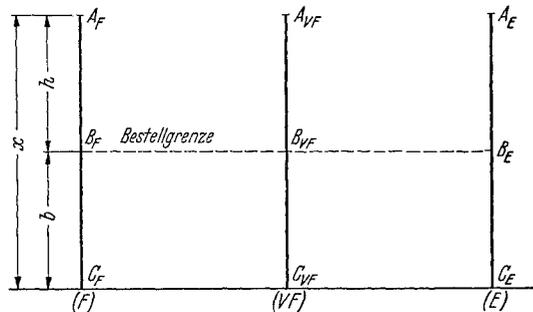


Abb. 9. Querschnitt durch die Lagerbestände der drei Fertigungsstufen. (Schematisch.)

Stellt man die Gesamtheit der Lagerbewegungen als Raumdiagramm dar, so verläuft die Bewegung der Bestandsänderung innerhalb der Fertigungsstufen senkrecht zur Längsbewegung. Die Abb. stellt den Zustand der Lagerbestände dar, wenn man die Längsbewegung des  $F$ -Teils an einer der Geraden  $AC$  schneidet.

selbe Vorgang auch in der  $E$ -Stufe. Der Bestellbestand ist bei Punkt  $B_E$  erreicht, das Rohstofflager wird zur Ergänzung des  $E$ -Bestandes herangezogen.

Theoretisch müßten die Bestellgrenzen, wie es die Abbildung zeigt, alle am gleichen Tag erreicht sein, d. h. die Neubestellung müßte für sämtliche Stufen gleichzeitig erfolgen. In Wirklichkeit ergibt sich fast immer eine gewisse Nacheilung im Erreichen der Punkte  $B$ , da ja auch die Lagerbestände  $AC$  praktisch niemals denselben Wert  $X$  haben. Letzteres hängt mit der Unregelmäßigkeit der Werkstattlieferungen zusammen, die durch Verzögerung der Lieferfristen entstehen kann (teilweise Auslieferung eines Auftrages) oder durch stark schwankenden Ausschuß, Teileverlust beim Transport, Teileentnahme für Versuchszwecke u. a. m. Doch dürfte diese Unstimmigkeit gegenüber der Praxis die Gültigkeit des theoretischen Gedankenganges nicht beeinträchtigen. Denn die Aufgabe der Darstellung liegt ja vor allen Dingen darin, zu zeigen, wie sich der Ablauf der Lagerbewegungen am günstigsten auswirkt, so daß daraus Folgerungen für die praktische Anwendung gezogen werden können.

### 3. Wirtschaftlichste Auftragsstückzahl.

Im vorigen Absatz wurden die Lagerbewegungen ihrem zeitlichen und mengenmäßigen Verlauf nach untersucht. Dabei blieb jedoch die Frage unerörtert, in welcher *Höhe* die einzelnen Bestellungen jeweils ausfallen. Die Beantwortung dieser Frage bildet die Brücke zur praktischen Verwendung der theoretischen Betrachtungen, da von ihr zugleich die *Dauer* der Perioden abhängt.

Die beiden maßgebenden Pole jedes industriellen Unternehmens — Betriebsleitung und Geschäftsleitung — sind über die Bemessung der regelmäßigen Werkstattaufträge meistens entgegengesetzter Anschauung. Die Betriebsleitung fordert gewöhnlich möglichst hohe Stückzahlen je Auftrag, um die einmaligen Kosten niedrig zu halten, die kaufmännische Leitung wünscht dagegen mehrere kleine Aufträge, um das im Fertigungslager festliegende tote Kapital nicht unnötig zu steigern. Beiden Erwägungen kann man ohne große Mühe gerecht werden, wenn man die wirtschaftlichste Auftragshöhe auf *rechnerischem Wege* bestimmt, anstatt gefühlsmäßig mit den verschiedensten Möglichkeiten Versuche zu veranstalten.

Um die bei diesem Problem auftauchenden Fragen schärfer zu beleuchten, ist es zunächst einmal notwendig, alle Punkte aufzuführen, die auf die Bemessung der Aufträge in betriebstechnischer und kaufmännischer Hinsicht einen Einfluß haben.

Es stehen einander gegenüber:

## a) Betriebstechnische Erwägungen.

Das Rüsten der Maschine und des Arbeitsplatzes mit dem damit verbundenen Probelauf und Werkstückausschuß ergibt einen Kostensatz, der, bezogen auf ein Stück um so niedriger wird, je mehr Werkstücke man im gleichen Auftrag anfertigt. Außerdem lassen sich „Akkordverluste“ durch hohe Aufträge weitgehend vermeiden.

## b) Kaufmännische Erwägungen.

Die mit hohen Aufträgen verbundene Vermehrung der Lagerbestände lassen die Zinsen für das dort festliegende Kapital, sowie die Raum-, Verwaltungs- und Versicherungskosten erheblich ansteigen.

Die Auftragshöhe muß nun so bestimmt werden, daß die Summe der in a) und b) enthaltenen Geldbeträge, bezogen auf das Einzelstück, ein Minimum wird.

Formeln zur Lösung dieser Aufgabe finden sich im einschlägigen Schrifttum an verschiedenen Stellen<sup>1</sup>. Es ist vorwiegend von mathematischem Interesse, eine solche Formel vollständig zu entwickeln, so daß es genügt, wenn wir uns hier allein mit dem Ergebnis befassen.

ANDLER<sup>2</sup>, dem wir hier zeitweilig folgen, gibt nachstehende Formel zur „Bestimmung der optimalen Serienstückzahl“:

$$x = \sqrt{\frac{(200-p) E}{p \cdot m \cdot S}}$$

Darin bedeutet

- $x$  das Vielfache des Bedarfs, den der Zusammenbau *monatlich* an dem untersuchten Lagerteil benötigt;
- $E$  die bei jedem Fertigungsauftrag einmalig entstehenden Kosten (Punkt a der Gegenüberstellung);
- $p$  Monatszinssatz der lagernden Mengen, das ist  $\frac{1}{12}$  des Jahreszinssatzes, in dem die prozentualen Unkosten für Lagerverwaltung, Versicherung usw. enthalten sein sollen. (Punkt b der Gegenüberstellung);
- $m$  der Monatsbedarf, d. h. die Anzahl Teile, die monatlich zur Deckung des laufenden Bedarfes hergestellt werden müssen;
- $S$  die Herstellungskosten für ein Werkstück in R.M. In  $S$  sind die Werkstoff-Lohn- und Selbstkosten enthalten.

Diese Größen lassen sich ohne weiteres aus den in jedem Unternehmen vorliegenden Kalkulationsunterlagen bestimmen. Dem Monatszinssatz  $p$  kann man unter normalen Verhältnissen den doppelten Lan-

<sup>1</sup> Vgl. Schrifttumverzeichnis am Schluß des Buches.

<sup>2</sup> Dr. Ing. ANDLER: Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße. Verlag Oldenbourg, München 1929.

deszinsfuß zugrunde legen, um den Aufwand an Verwaltungs-, Lager- und Versicherungskosten einzuschließen.

Zur Anwendung der Formel ist noch folgendes zu sagen:

Die wirtschaftlichste Auftragshöhe wird, wie oben schon erwähnt, nicht unmittelbar durch  $x$  berechnet, sondern auf dem Umweg über den Monatsbedarf  $m$ . Die Auftragshöhe selbst ist also

$$(1) \quad h = x \cdot m.$$

Wie ANDLER<sup>1</sup> nachweist, braucht der auf diese Weise bestimmte Bestwert der Auftragshöhe nicht auf das Stück genau eingehalten zu werden. Wenn man nämlich die Gesamtkosten in Abhängigkeit von  $x$  als Kurve darstellt, so sieht man, daß das Minimum der Kurve sehr flach verläuft. Infolgedessen ergibt die Überschreitung des theoretischen Bestwertes um etwa 7 vH. und die Unterschreitung bis etwa 5 vH. (wegen des unsymmetrischen Ansteigens der beiden Äste links und rechts vom Minimum) eine praktisch noch kaum erfaßbare Abweichung vom Kostenminimum. Für den Gebrauch der Formel im Betrieb ist diese Tatsache sehr wichtig. Denn sie entbindet von der Notwendigkeit, für jedes Lagerteil eine besondere Auftragshöhe festzusetzen. Wäre dies nicht der Fall, so würde die Lager- und Terminüberwachung ungeheuer erschwert werden. So aber genügt es, wenn man sämtliche in Frage kommenden Lagerteile einmal auf wirtschaftlichste Auftragshöhe untersucht und die sich ergebenden Stückzahlen als Richtwerte betrachtet. Die Zahlen zwischen den beiden Extremwerten faßt man am besten zu einigen Gruppen zusammen, die dann für alle Teile brauchbar sind.

Infolge dieser Toleranz empfiehlt ANDLER die Näherungslösung für den Wert  $x$

$$(2) \quad x = \sqrt{\frac{200 \cdot E}{p \cdot m \cdot S}}.$$

Es ist nun naheliegend,  $h$  unmittelbar durch eine Gleichung auszudrücken, in welcher der Monatsbedarf  $m$  durch die uns geläufigen Größen aus dem III. Abschnitt ersetzt ist. Unter Hinweis auf die dort gegebenen Begriffsbestimmungen betrachten wir  $m$  als ein Vielfaches der stündlichen Liefermenge  $z$  und setzen

$$m = 4,2 \cdot z \cdot w,$$

wo  $w$  = Anzahl der wöchentlichen Arbeitsstunden

4,2 = Umrechnungsfaktor von Wochen- in Monatsstunden bedeutet.

Die wirtschaftlichste Auftragsstückzahl war

$$h = x \cdot m = m \cdot \sqrt{\frac{200 \cdot E}{p \cdot m \cdot S}}.$$

<sup>1</sup> Rationalisierung der Fabrikation S. 58ff.

Mit  $m = 4,2 \cdot z \cdot w$  ist

$$h = 4,2 \cdot z \cdot w \cdot \sqrt{\frac{200 \cdot E}{p \cdot 4,2 \cdot z \cdot w \cdot S}}$$

oder

$$(3) \quad h = 29 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot z \cdot w}{p \cdot S}}$$

Für den — allerdings recht häufigen — Sonderfall einer Arbeitszeit von 48 Stunden in der Woche wird

$$m = 4,2 \cdot 48 \cdot z = 201,6 \cdot z,$$

wofür man mit genügender Genauigkeit setzen kann

$$m = 200 \cdot z.$$

Dann ist

$$h = 200 \cdot z \sqrt{\frac{200 \cdot E}{p \cdot 200 \cdot z \cdot S}}$$

oder

$$(4) \quad h = 200 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot z}{p \cdot S}}$$

Die Gl. (3) und (4) finden in der ununterbrochenen Massenfertigung Anwendung.

Bei wechselnder Massenfertigung liegt der Fall meistens so, daß das Werk einmalige Kundenaufträge innerhalb bestimmter Lieferfristen auszuführen hat. Die Größen  $z$  und  $w$  sind also hier nicht mehr brauchbar. Doch ist die unterbrechungslose Erledigung jedes Kundenauftrages nicht immer vorteilhaft. Es ist also nachzuprüfen, ob es nicht wirtschaftlicher ist, wenn er in mehreren Teilaufträgen an die Werkstätte vergeben wird. Die günstigste Höhe berechnet man dann unmittelbar durch Zusammenfassung von Gl. (1) und (2):

$$(5) \quad h = \sqrt{\frac{200 \cdot m \cdot E}{p \cdot S}}$$

Der Monatsbedarf errechnet sich hierin aus der Höhe  $H$  des Kundenauftrages geteilt durch die Anzahl Monate  $i_K$ , die als Lieferfrist vom Kunden gefordert ist. Es ist also  $m = \frac{H}{i_K}$ .

Da man sich bei wechselnder Massenfertigung bedeutend öfter vor die Aufgabe gestellt sieht, die Höhe von Werkstattaufträgen zu bestimmen, so ist es vorteilhaft, wenn diese Arbeit durch Anwendung eines entsprechenden Hilfsmittels erleichtert wird. Die Firma Koch & Kienzle<sup>1</sup> hat zu diesem Zweck ein sehr übersichtliches Diagramm ausgearbei-

<sup>1</sup> Firma Koch & Kienzle, Doktor-Ingenieure, Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Berlin.

tet, in welchem die wirtschaftlichste Auftragsstückzahl unter den verschiedensten Bedingungen von  $p$ ,  $E$  und  $S$  ohne weiteres abgegriffen werden kann. Die Formel, die dem Diagramm zugrunde liegt, entspricht der ANDLERSchen Nährlösung (Gl. 2).

Ein Beispiel für die Berechnung der wirtschaftlichsten Auftragshöhe bei wechselnder Massenfertigung ist nachstehend aufgeführt.

**Beispiel.** Eine Firma ist mit Herstellung von 80000 Drehteilen bestimmter Art und Abmessung beauftragt, die innerhalb von 6 Monaten abgeliefert sein müssen.

Es betragen:

Die einmaligen Kosten je Auftrag . . .  $E = 30,00$  RM

der doppelte Monatszinssatz . . . . .  $p = 1$  vH.

die Fertigungskosten je Werkstück . . .  $S = 1,10$  RM

der Monatsbedarf . . . . .  $m = \frac{80000}{6} = 13300$  Stck.

Da die Arbeiten in der Hauptsache auf der Revolverbank vorgenommen werden, so wäre es naheliegend zur „Ersparnis“ an Rüstkosten den ganzen Kundenauftrag ohne Unterbrechung zu erledigen. Die Berechnung ergibt jedoch etwas gänzlich anderes. Es ist mit obenstehenden Angaben

$$h = \sqrt{\frac{200 \cdot 13300 \cdot 30}{1,0 \cdot 1,10}} = 8520 \text{ Stck.}$$

Unter Berücksichtigung eines geringen Ausschußzuschlages kann  $h$  auf 9000 Stck. aufgerundet werden. Die Gesamtzahl von 80000 Drehteilen wäre also in  $\frac{80000}{9000} = \text{rd. } 9$  Einzelaufträgen an die Werkstatt zu vergeben. Sollte man wegen der Verneunfachung der Rüstkosten ( $9 \cdot 30,0 = 270,0$  RM) an der Richtigkeit des Verfahrens zweifeln, so prüfe man überschläglich nach, welche zu verzinsenden Kapitalmengen andererseits festliegen würden, wenn man den Werkstoff oder das fertige Erzeugnis nahezu ein halbes Jahr einlagern wollte.

Die Unterteilung des Kundenauftrages bietet aber auch der Maschinenausnutzung einen bedeutenden Vorteil. Denn die betreffende Revolverbank kann nun während der Herstellungszeit der 80000 Drehteile bedenkenlos auch mit anderen Aufträgen belegt werden, was man wegen der ziemlich hohen Umstellungskosten ohne *Berechnung* wohl kaum veranlassen würde.

## VII. Terminberechnung.

### 1. Allgemeine Gesichtspunkte.

Soll in ein bereits vorhandenes Betriebsgefüge die Terminordnung neu eingegliedert werden, so ist es nicht immer möglich, überall von Grund an aufzubauen. Ja oftmals ist es auch gar nicht erwünscht. Bestehendes soll nach Möglichkeit in den neuen Plan mit einbezogen werden, um krasse Übergangszustände zu vermeiden. Erfahrungsgemäß stößt die Einführung des Terminwesens zunächst überall im Werk bei den betroffenen Stellen auf stärkste Mißbilligung. Die Meister, die gewöhnlich viele Jahre lang ihre Werkstatt mit Erfolg geführt haben, sehen sich plötzlich und anscheinend ganz unnötigerweise in ihrer Selbständigkeit beeinträchtigt und an ein Netz von Tafeln, Kärtchen und bunten Streifen gebunden, deren Nutzen ihnen keineswegs besonders groß erscheint. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß nach einer Zeit der Umgewöhnung das neue Verfahren als nützlich anerkannt wird, zumal es einen großen Teil der Verantwortung für den reibungslosen Verlauf der Fertigung von ihren Schultern auf sich selbst übernimmt und überall dort Ordnung schafft, wo bisher der Mangel an Übersicht das folgerichtige Arbeiten verhinderte.

Das Terminwesen umfaßt zwei getrennte Aufgabenkreise: einerseits die *Festsetzung* und andererseits die *Verfolgung* der für den Arbeitsablauf notwendigen Fristen. Die damit zusammenhängenden rechnerischen und organisatorischen Aufgaben werden in den folgenden Abschnitten behandelt.

Unter Terminbestimmung versteht man die vorausschauende Festsetzung des Tages, an dem die Fertigung eines Werkstattauftrages beendet sein muß. Ein Termin kann durch Schätzen der zur Herstellung notwendigen Zeit oder auf rechnerischem Wege bestimmt werden. Das Verfahren des Schätzens ist nur in ganz wenigen Fällen für die Einzelanfertigung eines Gegenstandes zulässig und nur in kleinen Betrieben, wo über den Umfang der laufenden Arbeiten keine Zweifel bestehen. Für die Massenfertigung kommt natürlich nur die *Termin-Berechnung* in Frage, also die Terminfestsetzung auf rechnerischem Wege. Dabei sind zwei Bedingungen zu erfüllen:

a) Der Zeitpunkt muß so liegen, daß die Frist lang genug ist, um alle vorgeschriebenen Arbeiten ordnungsgemäß auszuführen.

b) Der jeweilige Belastungsgrad der Werkstatt, d. h. die Summe aller übrigen, gleichzeitig in der Werkstatt zu erledigenden Aufträge, ist hinsichtlich der beanspruchten Zeit mit in der Rechnung zu berücksichtigen.

Von diesen Bedingungen bereitet die letztere natürlich die meisten Schwierigkeiten. Um ihnen gerecht zu werden, gibt es nun verschiedene Verfahren, die im folgenden beschrieben sind.

## 2. Die einzelnen Berechnungsverfahren.

### A. Terminberechnung auf Grund der Fertigungszeiten.

Anwendungsgebiet: wechselnde und ununterbrochene Massenfertigung.

Die klarste und eindeutigste Art einen Termin nach obigen Gesichtspunkten zu bestimmen, ist die zeichnerische Veranschaulichung der Herstellungszeit als Strecke, die man über einer Gradteilung aufzeichnet (Abb. 10).

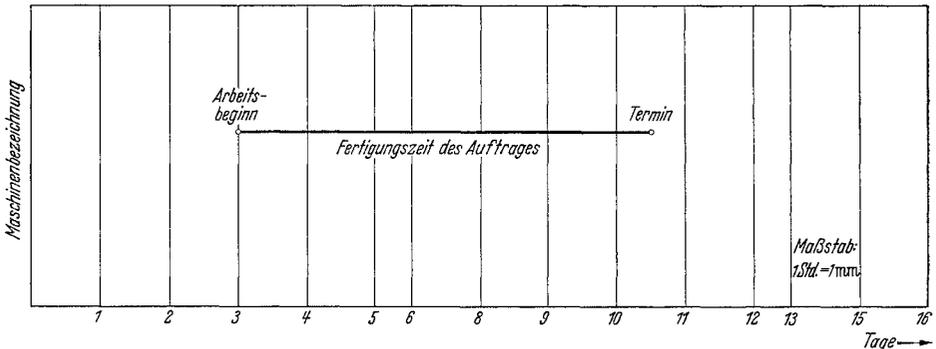


Abb. 10. Darstellung der Fertigungszeit eines Werkstattauftrages und Terminsetzung auf Grund der Streckenlänge.

Die Tageslänge auf der Zeitskala (mm) richtet sich nach der täglichen Arbeitsstundenzahl. In Abb. 10 ist eine solche von 9 Stunden während 5 Wochentagen und 5 Stunden am 6. Tag angenommen. Bei einem Maßstab von 1 : 1, d. h. eine Stunde = 1 mm, beträgt die „graphische Länge“ eines Tages 9, bzw. 5 mm. Ist die Herstellungszeit für den Auftrag in Stunden bekannt, so läßt sich der Termin durch Abtragen einer entsprechenden Strecke ohne Mühe angeben. Als Anfangspunkt der Strecke gilt dabei der Tag, an dem die Arbeit aufgenommen wird. (In der Abb. der 3. des Monats). Als Liefertermin ergibt sich im frühesten Fall der 11. Die arbeitsfreien Tage sind auf der Skala natürlich ausgelassen, weil man sonst die Strecken dauernd unterbrechen müßte.

Auf diese Weise ist es leicht möglich, weitere Aufträge, die ihrem Umfang und damit der zur Erledigung notwendigen Zeit nach bekannt sind, an die zuerst gezeichnete Strecke anzufügen. Geht man noch einen Schritt weiter und trägt auf dem äußeren Rand eines genügend großen Papierbogens die Bezeichnungen sämtlicher in der Werkstatt vorhandenen Maschinen auf, so ergibt sich die Möglichkeit, den Maschinenpark im voraus mit den einzelnen Aufträgen zu belegen. Dieser „Belegungsplan“ ist ein wichtiges Hilfsmittel bei der Termingestaltung. In der Massenfertigung hat man dabei den Vorteil, daß die Maschinen meistens

nur für eine begrenzte Anzahl von Arbeitsverrichtungen Verwendung finden, weil die Spezialisierung auf bestimmte Arbeitsgänge oder Werkstücke viel weitgehender durchgeführt ist als in der Einzelfertigung.

Belegungspläne finden vorwiegend in solchen Werkstätten Anwendung, in denen zahlreiche Aufträge mit hohen Stückzahlen zu fertigen sind, so daß die Einhaltung einer gewissen Reihenfolge bei der Auftrags erledigung, sowie die Verwendung bestimmter Maschinen unumgänglich nötig wird. Ferner leisten sie für die Regelung des Fertigungsflusses an „engen Stellen“ wertvolle Dienste. Unter engen Stellen versteht man solche Fertigungsmittel — meistens sind es irgendwelche Sondermaschinen —, die infolge ihres teuren Betriebes oder hohen Anschaffungspreises sehr hoch ausgenutzt sind, so daß sie dadurch den reibungslosen Arbeitsablauf beeinträchtigen.

Bei der praktischen Anwendung solcher Belegungspläne verläßt man aber meistens das zeichnerische Verfahren und geht zur Belegung einer *Termintafel* über. An Stelle von Bleistift und Zirkel tritt der Papierstreifen und die Schere. Ansicht und Querschnitt einer Termintafel zeigt Abb. 11.

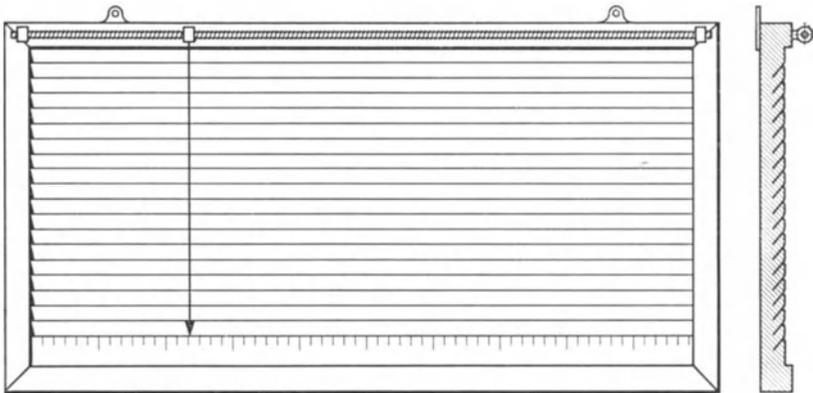


Abb. 11. Termintafel.

Sie besteht aus einer Holztafel, über deren Länge Leisten aufgeleimt sind, deren Höhe etwa 25 mm und deren Stärke etwa 3—4 mm beträgt. Die Leisten überdecken sich dachziegelartig, so daß dahinter Papierstreifen gesteckt werden können, welche dann noch ungefähr 15 mm herausragen. Länge und Breite der Tafel richten sich immer nach dem Verwendungszweck, also nach der Anzahl der zu belegenden Maschinen, sowie nach der Dauer der Vorausbelegung. An der oberen Stirnseite ist eine dünne Eisenstange angebracht, auf der eine Muffe leicht verschiebbar sitzt. Die Muffe hält einen Senkel, mit dessen Hilfe die Einteilung auf der Skala gut abgelesen werden kann. Rechts und links wird ein Papp-

streifen befestigt, auf den man Nummer oder Bezeichnung der zu belegenden Maschinen schreibt.

Die Belegung einer solchen Tafel hat gegenüber dem zeichnerischen Verfahren den Vorteil größerer Beweglichkeit und besserer Übersicht. Die einzelnen Fertigungszeiten werden in Millimeter Länge von den Streifen abgeschnitten und in die Fächer gesteckt, wo sie sich nach Belieben verschieben und vertauschen lassen. Verschiedene Muster, Teile oder Arbeitsgänge können durch verschiedene Farben gekennzeichnet werden.

Die Ausarbeitung einer Termintafel zeigt das nächste Beispiel, an Hand dessen ein Ausschnitt aus der Belegung einer größeren Fertigungswerkstatt durchgerechnet ist.

**Beispiel.** Die Werkstatt ist beauftragt, 460000 Stck. der in Abb. 12 gezeichneten Aluminium-Gußteile zu bearbeiten. Der Auftrag muß innerhalb zwölf Monate ausgeführt sein. Das Gußstück wird in zwei Größen *A* und *B* hergestellt, wobei Größe *A* mit 60 vH. und Größe *B* mit 40 vH. an der Gesamtmenge beteiligt ist. Die Werkstücke durchlaufen die in Zahlentafel 1 verzeichneten Arbeitsgänge, für welche ein Maschinen-Belegungsplan auszuarbeiten ist.

Zahlentafel 1. Arbeitsplan.

1 Arbeits- gang Nr.	2 Arbeitsgang- bezeichnung	3 Art der verw. Maschine	4 Kurz- zeich.	5 Mengenleistg. 1 Masch.	
				Gr. A	Gr. B
4	Außenseite vordrehen	Drehautomat	SDA	500	500
5	Innenseite vordrehen	„	„	500	500
6	Außenseite fertigdrehen	„	„	435	435
7	Innenweite fertigdrehen	„	„	435	435
8	1. Fräsung . .	Fräsautomat	SFA	122	122
9	2. „ . .	„	„	122	122
10	1. Bohrung . .	Mehrspindel-	MBM	250	230
11	2. „ . .	Bohrmaschine	„	250	230
12	1. Senkung . .	Senkautomat	SSA	270	245
13	2. Senkung . .	„	„	270	245
14	Gewindeschneid.	Drehbank	DK	190	190

Der Arbeitsplan ist nur für die mechanische Bearbeitung des Gußstückes aufgestellt. Die Arbeitsgänge 1—3 finden in der Gießerei statt und berühren daher nicht unsere Aufgabe. In Spalte 5 ist entgegen der sonstigen Gepflogenheiten an Stelle der Stückzeit die Mengenleistung

je einer Maschine angegeben, weil nur diese für den Terminplan wissenswert ist. Die Mengenleistung wird dabei nach der Formel bestimmt  $L = \frac{1000}{T}$ , wobei  $T$  die Vorgabezeit für 1000 Werkstücke bedeutet.

Für die Maschinenbelegung müssen weiter die Auftragshöhen und die Auftragslaufzeiten bekannt sein. Erstere werden nach den Grundsätzen von Abschnitt VI, 3 festgesetzt. Im Monatsbedarf  $m$ , der dazu benötigt wird, soll der zu erwartende Ausschuss bereits enthalten sein. Rechnet man mit ungefähr 5 vH., so wird

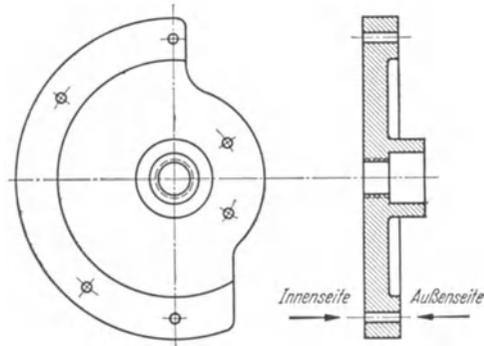


Abb. 12. Werkstück-Skizze.

$$m = \frac{460000}{12} \cdot 1,05 = \text{rd. } 40000 \text{ Stck.}$$

Auf die beiden Größen  $A$  und  $B$  bezogen ergibt das

$$m_A = 0,6 \cdot 40000 = 24000 \text{ Stck.}$$

$$m_B = 0,4 \cdot 40000 = 16000 \text{ Stck.}$$

Die Auftragshöhen selbst seien berechnet zu

$$h_A = 48000 \text{ Stck.}$$

$$h_B = 32000 \text{ Stck.}$$

Mit diesen Stückzahlen rechnet man die einzelnen Fertigungszeiten aus, also die Anzahl Stunden, welche die Aufträge bei den gegebenen Mengenleistungen zum Durchlaufen der verschiedenen Arbeitsgänge benötigen. Die Ergebnisse sind aus Zahlentafel 2 zu ersehen.

Nachdem nun alle Unterlagen beschafft sind, kann mit der Belegung des Maschinenparks auf der Termintafel begonnen werden. Zunächst ist der Mengenmaßstab für die Teilung der Zeitskala festzulegen. Der Maßstab, mit welchem man am leichtesten rechnen kann, ist: 1 Stunde = 1 mm, denn dann wird die Länge des Terministreifens in Millimeter gleich der Stundenzahl der Fertigungszeit. Größere Maßstäbe erhöhen jedoch die Eindeutigkeit der Belegungstafel, da Ungenauigkeiten im Zuschneiden der Streifen weniger ins Gewicht fallen, und da man kleinere Zeiteinheiten als Tage besser abschätzen kann. Aus Platzgründen wählen wir die Stunde zu 0,27 mm. Die in Zahlentafel 2 ausgerechneten Fertigungszeiten sind also jeweils mit 0,27 zu vervielfachen, wenn man die Länge der Terministreifen von Abb. 13 erhalten will. Diese Abb. zeigt einen Ausschnitt aus der fertig belegten Termintafel. Am linken Rand

Zahlentafel 2. Zusammenstellung der Mengenleistungen und Fertigungszeiten.

1	2		3	4		5		6		7	
Arbeitsgang Nr.	Verw. Maschine		Anzahl	Leistung Stek/Std.	Größe A		Leistung Stek/Std.	Größe B			
	Bezeichnung				Fertigungszeit Std.			Fertigungszeit Std.			
4	SDA 1	1	500	$\frac{48\ 000}{500} = 96$	500	$\frac{32\ 000}{500} = 64$					
5	„ 2	1	500	$\frac{48\ 000}{500} = 96$	500	$\frac{32\ 000}{500} = 64$					
6	„ 3	1	435	$\frac{48\ 000}{435} = 110$	435	$\frac{32\ 000}{435} = 74$					
7	„ 4	1	435	$\frac{48\ 000}{435} = 110$	435	$\frac{32\ 000}{435} = 74$					
8	SFA 1; 2	2	122	$\frac{48\ 000}{2 \cdot 122} = 197$	122	$\frac{32\ 000}{2 \cdot 122} = 131$					
9	„ 3; 4	2	122	$\frac{48\ 000}{2 \cdot 122} = 197$	122	$\frac{32\ 000}{2 \cdot 122} = 131$					
10	MBM1	1	250	$\frac{48\ 000}{250} = 192$	230	$\frac{32\ 000}{230} = 139$					
11	„ 2	1	250	$\frac{48\ 000}{250} = 192$	230	$\frac{32\ 000}{230} = 139$					
12	SSA 1	1	270	$\frac{48\ 000}{270} = 178$	245	$\frac{32\ 000}{245} = 131$					
13	„ 2	1	270	$\frac{48\ 000}{270} = 178$	245	$\frac{32\ 000}{245} = 131$					
14	DK 1; 2	2	190	$\frac{48\ 000}{2 \cdot 190} = 126$	190	$\frac{32\ 000}{2 \cdot 190} = 84$					

sind für die einzelnen Arbeitsgänge die verwendeten Maschinen verzeichnet. Die Bezeichnungen der Arbeitsgänge selbst sind außerdem der Übersicht halber auf den Streifen vermerkt, was man aber im Betrieb meist unterlassen kann.

Zur Unterscheidung der beiden Größen wählen wir für die Aufträge auf Größe A rote (in Abb. 13 schräggeschrafft) und für diejenigen auf Größe B grüne (Kreuz geschrafft) Papierstreifen.

Die Belegung der Termintafel wird nun folgendermaßen durchgeführt:

Der erste Auftrag in Höhe von 48000 Stek. auf Bearbeitung von Größe A (Auftrag I) beginne seinen Fertigungslauf am Tag I des 1. Monats. Die ersten, hier in Frage kommenden Arbeitsgänge finden auf den SDA-Automaten statt. Nach Zahlentafel 2, Spalte 5 betragen die Drehzeiten für die Arbeitsgänge 4 und 5 je 96 Stunden und für die Arbeitsgänge 6 und 7 je 110 Stunden. Damit werden die Streifenlängen für

Automat SDA 1 u. 2:  $0,27 \cdot 96 = 25,9 \text{ mm}$

Automat SDA 3 u. 4:  $0,27 \cdot 110 = 29,7 \text{ mm}$

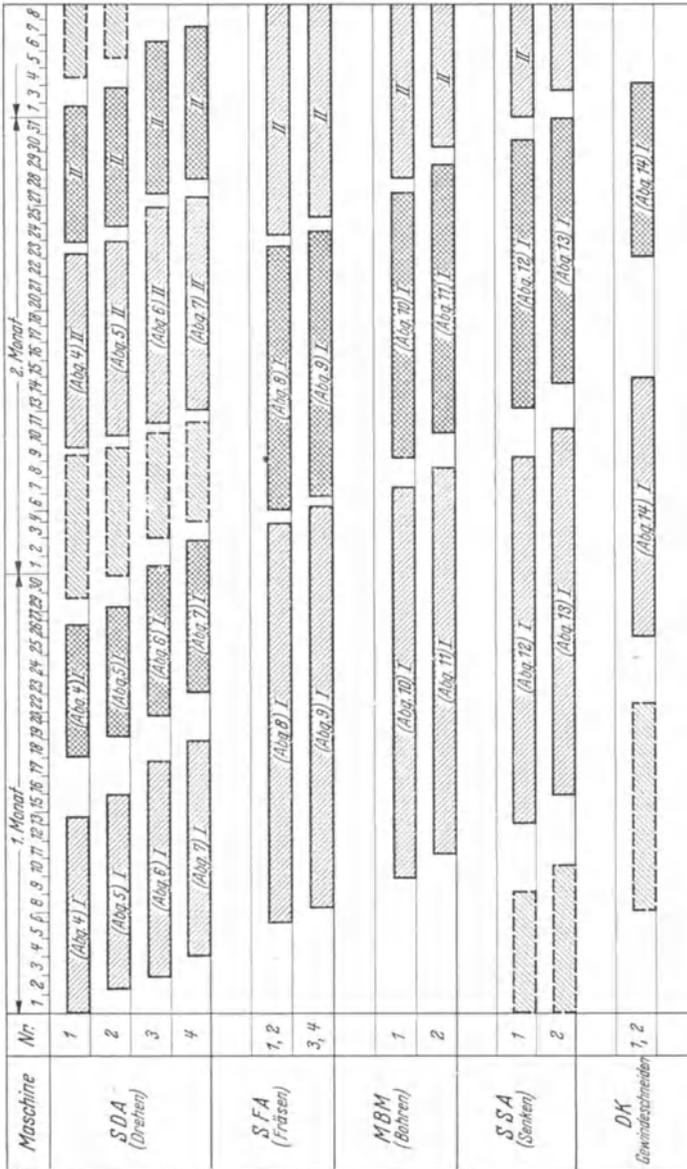


Abb. 13. Werkstattbelegung an Hand einer Termintafel.

/////// Aufträge auf Muster A    ××××× Aufträge auf Muster B

Maßstab: 1 Std. = 0,27 mm.

Die auf die Tafel angesteckten Streifen zeigen Beginn und Ende jedes Arbeitsganges an. Auftrag I ist am 19. des 1. Monats auf den SDA-

Automaten erledigt. Der Übergang von einem Automaten zum nächsten findet statt, wenn eine größere Stückzahl des Auftrags den ersten durchflossen hat, so daß für den zweiten stets genügend Werkstücke vorhanden sind. Daher ist auf der Tafel der Beginn jedes Arbeitsganges gegenüber dem Beginn des vorhergehenden um einen gewissen Zeitbetrag versetzt.

Es ist vorteilhaft, diesen Betrag möglichst nicht zu willkürlich anzunehmen, da sich zu groß oder zu klein gewählte Zeiten mit steigender Zahl der Arbeitsgänge und wachsenden Bestellmengen sehr bald nachteilig auswirken. Seine Größe hängt in erster Linie von dem Unterschied der Mengenleistungen ab, die zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen besteht. Doch selbst wenn dieser Unterschied = 0 ist, so versetzt man die Anfangspunkte gegeneinander, weil man vermeiden will, daß sich eine bei 1 etwa auftretende Unterbrechung auch bei 2 wegen Abreißens des Teilezuflusses fortsetzt.

Sind zwei oder mehrere Arbeitsmaschinen durch Förderband oder Rutsche gekoppelt (Fließarbeit), so ist die Versetzung der Arbeitsgänge nicht nötig, weil man annehmen kann, daß der Auftrag auf allen Maschinen nahezu gleichzeitig erledigt wird.

In gleicher Weise werden die übrigen Maschinen belegt. Auftrag rot *I* wandert zunächst zu den Fräsaufmaschinen und von da über die Mehrspindelbohrmaschinen und Senkaufmaschinen zu den Drehbänken, wo schließlich als letzter Arbeitsgang das Gewinde aufgeschnitten wird. Der Tag, an dem dies am letzten Werkstück von rot *I* ausgeführt ist, kann als Liefertermin des Auftrags gefordert werden, denn hier ist die Fertigungszeit beendet. Im Beispiel ist dieser Tag der 14. des 2. Monats.

An den Auftrag rot *I* schließt sich der Auftrag grün *I* an, mit dem man nach denselben Grundsätzen verfährt. Dabei ist es ratsam, zwischen beiden Aufträgen einen Abstand von etwa 2—3 Tagen einzuhalten. Dieser Abstand ist einmal wegen der Umstellarbeiten notwendig (Rüstzeiten), dann soll er aber auch eine gewisse Bewegungsfreiheit zusichern, so daß man nicht gezwungen ist, bei Verzögerung eines vorhergehenden Arbeitsganges gleich die ganze Tafel neu einrichten zu müssen.

Nun erhebt sich die Frage, wann die übrigen roten und grünen Aufträge auf der Tafel erscheinen müssen. (Der 2. Auftrag auf Bearbeitung von Größe *A* (rot *II*) ist auf der Abb. noch zu sehen.) Bei der Festlegung dieser Zeitpunkte ist die Länge der Frist maßgebend, die vom Tag des Fertigungsbeginns bis zu dem vom Kunden geforderten Liefertermin zur Verfügung steht. Im Beispiel beträgt diese Frist 12 Monate. Mit dem Zusammenbau des Erzeugnisses kann naturgemäß nicht eher begonnen werden als bis der erste Auftrag mindestens zu einem Teil sämtliche Arbeitsgänge durchgemacht hat. Es ist also nicht die ganze Frist von 12 Monaten verfügbar. Wie aus Abb. 13 zu ersehen ist, kann ungefähr nach Ablauf eines Monats mit dem Zusammenbau von Größe *A*

begonnen werden, vorausgesetzt allerdings, daß die übrigen, zu dem Erzeugnis gehörigen Einzelteile ebenfalls im Verlauf des ersten Monats von den anderen Werkstätten geliefert sind.

Der Zusammenbau von Größe  $A$  geht also vom 2. Monat an während der folgenden 11 Monate ununterbrochen vor sich. In Wochen ausgedrückt sind das 46 Wochen, die auf dem Kalender abzuzählen sind. Bei 50 Stunden wöchentlicher Arbeitszeit hat die Zusammenbau-Werkstatt einen Verbrauch von

$$M = \frac{0,6 \cdot 460\,000}{46 \cdot 50} = 120 \text{ Stck/Std.}$$

Wenn also der erste rote Auftrag von 48000 Stck. fertiggestellt ist, so reicht der im Lager vorrätige Bestand für eine Zeit von

$$\frac{48\,000}{120} = 400 \text{ Std.}$$

Während dieser Zeit können dem Zusammenbau ständig neue Teile aus dem Lager zugeführt werden. Der 2. Auftrag muß im Lager eingeliefert sein, kurz bevor der vorhandene Bestand völlig aufgebraucht ist. Da dies nach 400 Stunden von Beginn des Zusammenbauens der Fall ist, so müssen sich die roten Aufträge in einem Abstand von 400 Std. folgen, gerechnet vom Beginn eines Arbeitsganges bis zum Beginn des gleichen Arbeitsganges am nächsten Auftrag (Auftragsfolgezeit).

Will man einen Sicherheitsbestand im Lager belassen, so muß mit der Fertigung des nächsten Auftrages natürlich früher begonnen werden. Im vorliegenden Beispiel ist ein solcher von einem halben Monatsbedarf angenommen. Da ein halber Monat ungefähr der Anzahl von 100 Arbeitsstunden entspricht, so erscheinen die roten Aufträge im Abstand von  $400 - 100 = 300$  Std. oder  $300 \cdot 0,27 = 81$  mm.

Derselbe Rechengang gilt für Größe  $B$ . Ihr stehen für den Zusammenbau noch etwa 10 Monate = rd. 42 Wochen zur Verfügung. Hier ist  $M = \frac{0,4 \cdot 460\,000}{42 \cdot 50} = 88$  Stck/Std. und die äußerst zulässig Auftragsfolgezeit  $\frac{32\,000}{88} = 364$  Std. Wegen Berücksichtigung des Sicherheitsbestandes beträgt der Zwischenraum auf der Tafel bei den grünen Aufträgen 264 Std. oder rund 71 mm.

Über den auf diese Weise zwischen den roten und grünen Aufträgen freibleibenden Platz auf der Tafel kann anderweitig verfügt werden. Dies ist durch die gestrichelten Streifen angedeutet. Die völlige Ausnutzung des nunmehr schon beschränkten Raumes erfordert naturgemäß einige Geschicklichkeit. Sollte durch unerwartete Schwierigkeiten, z. B. wegen Maschinenschadens die Fertigung eine Unterbrechung erfahren, so muß eine solche Verzögerung durch Verlängern oder Verschieben des Streifens auf der Tafel berücksichtigt werden, es sei denn, der Zeitverlust wird durch Einlage von Überstunden wieder aufgeholt.

Das geschilderte Verfahren stellt die sicherste Art der Terminberechnung dar, weil es sich unmittelbar auf die Bearbeitungszeiten der Aufträge stützt. Seine Anwendungsmöglichkeit ist grundsätzlich nicht eingeschränkt, obwohl es zweckmäßig erscheint, nur dann von ihm Gebrauch zu machen, wenn andere Verfahren zu unsicher sind oder die Werkstattbelegung aus sonstigen Gründen notwendig ist. Der Stand der Arbeiten kann jederzeit leicht nachgeprüft und die Soll- mit den Istleistungen verglichen werden. Streitigkeiten zwischen Büro und Betrieb lassen sich an Hand des Bildes, das die Tafel bietet, bedeutend leichter beilegen, als durch umfangreiche Erörterungen. Ferner ist es möglich, unerwartet anfallende Zwischenaufträge so in den Plan einzupassen, daß auch sie ohne Störung des normalen Herstellungsganges terminmäßig erledigt werden können.

### B. Summarische Terminberechnung.

Anwendungsgebiet: Ununterbrochene Massenfertigung.

Die summarische Termingerechnung ist ein rechnerisches Verfahren, dessen Anwendung erheblich einfacher ist als die Ausarbeitung von Belegungsplänen. Sie läßt sich vorzugsweise für Aufträge verwenden, die dem Fertigungsablauf keine Schwierigkeiten machen, so daß dafür die zeichnerische Bestimmung der Bearbeitungszeiten einen zu großen Zeitaufwand bedeuten würde.

Wenn ein Erzeugnis auf längere Zeitdauer in regelmäßigen Mengen hergestellt wird, so steht die für jeden Arbeitsgang erforderliche Mengenleistung der Fertigungsmittel in einem bestimmten Verhältnis zum Verbrauch der Teile im Zusammenbau. Die erforderliche Maschinenzahl wurde an anderer Stelle zu  $n = \frac{z}{L}$  abgeleitet. Es ist also

$$n \cdot L = z.$$

Da diese Beziehung für jede vorhandene Maschine und für jedes einzelne Teil des Erzeugnisses (soweit es im Werk selbst hergestellt wird) besteht, so muß es möglich sein, die Größe  $z$  zur Berechnung des Zeitbetrages heranzuziehen, den man einem Auftrag als „Laufzeit“ in der Werkstatt zusichern muß, um seine ordnungsgemäße Erledigung zu gewährleisten. Daran knüpft man folgende Überlegung:

Die Stückzahl  $h$  eines Werkstattauftrages ist immer ein Vielfaches von  $z$ . Um  $z$  Stck. zu liefern braucht die Werkstatt eine Stunde; für  $h$  Stck. braucht sie demnach  $\frac{h}{z}$  Stunden. Da die Liefermenge auf Grund des Einbauverbrauches für jedes Teil bekannt ist, so kann die Laufzeit<sup>1</sup> damit ohne weiteres bestimmt werden.

<sup>1</sup> Es ist notwendig, an dieser Stelle den Unterschied zwischen den beiden Begriffen „Laufzeit“ und „Fertigungs- oder Bearbeitungszeit“ deutlich her-

In den meisten Fällen ist es völlig ausreichend, die Laufzeit in Tagen anzugeben, weil man ja einen Termin unter normalen Umständen auch nur tageweise verlangt und nicht auf die Stunde genau. Daher bezieht man  $z$  auf die Lieferung eines *Tages*, d. h. man vervielfacht die Größe mit der täglichen Arbeitsstundenzahl. Dabei hat es sich praktisch erwiesen, als Arbeitsstundenzahl den Wochendurchschnitt  $\frac{w}{6}$  einzusetzen, um die allgemein übliche Kurzarbeit am Samstag auszugleichen. Die auf den Tag umgerechnete Liefermenge nennen wir kurz „Tageslieferung“ und die entsprechende Mengenleistung je Tag „die Tagesleistung“ der Maschinen. Erstere ist

$$Z_{Tg} = \frac{w}{6} z \text{ Stck/Tag.}$$

Dies ist ein feststehender Faktor, der — wie aus dem nächsten Abschnitt zu entnehmen ist — zur Vereinfachung des Rechenganges auf den Karteikarten der Teile vermerkt sein soll.

Somit berechnet sich die Laufzeit eines Auftrags nach dem summarischen Verfahren zu

$$i = \frac{h}{Z_{Tg}} \text{ Tage,}$$

An Hand eines Beispiels wollen wir diese Berechnungsweise einer kritischen Prüfung unterziehen, um festzustellen, ob die Werkstatt den so gestellten Forderungen auch tatsächlich nachkommen kann.

**Beispiel.** Ein Werk baut stündlich 72 Schnellwaagen, deren Einzelteile in der Stanzerei hergestellt werden. Zur Aufrechterhaltung der laufenden Fertigung werden täglich eine Anzahl Aufträge an die Stanzerei gegeben, von denen wir beliebig die drei Aufträge *I*, *II* und *III* herausgreifen. Die Bestellmenge ist  $h = 12000$  Stck. für Auftr. *I* u. *II* und  $h = 24000$  Stck. für Auftr. *III*, denn laut Stückliste werden die Teile von Auftrag *I* und *II* einmal, dasjenige von Auftrag *III* dagegen je zweimal im Erzeugnis eingebaut. Es ist also der Einbauverbrauch für *I* und *II*  $M = 72$  Stck/Std. und für *III*  $M = 2 \cdot 72 = 144$  Stck/Std. Der Ausschuß ist mit etwa 5 vH. angegeben.

Mit diesen Angaben errechnet sich die verlangbare Tageslieferung bei 48 Stunden Arbeitszeit in der Woche für

vorzuheben. *Laufzeit* nennt man die Gesamtzeit, während der sich ein Auftrag in der Werkstatt befindet vom Augenblick der Erteilung bis zur Ablieferung. Dazu gehört also auch eine etwaige Wartezeit vor oder nach der eigentlichen Fertigung. Dieser Gesamtbetrag wird durch den Bruch  $\frac{h}{z}$  bestimmt. Im Gegensatz dazu stellt die *Fertigungszeit* den Zeitanteil der Laufzeit dar, während dem sich der Auftrag wirklich in Arbeit befindet. Also sind darin sowohl die unmittelbaren (im Sinne der Fertigung einen Fortschritt bewirkenden), als auch die mittelbaren Zeiten (Rüst- und Verlustzeiten) einbegriffen.

$$\text{Auftrag I u. II } Z_{Tg} = \frac{48}{6} 72 \cdot 1,05 = \text{rd. } 600 \text{ Stck.}$$

$$\text{Auftrag III } Z_{Tg} = \frac{48}{6} 144 \cdot 1,05 = \text{rd. } 1200 \text{ Stck.}$$

Die *Auftragslaufzeit* berechnet sich für I und II zu

$$i = \frac{12\,000}{600} = 20 \text{ Tage}$$

und für III

$$i = \frac{24\,000}{1200} = 20 \text{ Tage.}$$

Die Fertigungszeit jedes einzelnen Auftrages hängt von der Mengenleistung der verwendeten Presse ab. Sie ist entsprechend der verschiedenen Blechstärken und Beschaffenheit der Teile auch verschieden groß. Die Werte sind in nachstehender Zahlentafel zusammengefaßt.

Zahlentafel 3.

Auftrag Nr.	Gegenstand	Blechstärke mm	Vorgabezt. Std./1000	Mengenleistung Stck/Std.	Gestanz auf Presse Inv. Nr.
I	Kniehebel . . . . .	2,8	4,05	247	2119
II	Bügel. . . . .	2,0	3,4	294	2119
III	Ansschlag . . . . .	1,5	2,6	385	2119

Aus Tafel 3 geht hervor, daß diese Teile alle auf einundderselben Presse gestanzt werden sollen. Wurde die Maschinenbedarfsrechnung richtig durchgeführt, so muß es möglich sein, die Aufträge in der oben berechneten Zeit nacheinander zu erledigen.

Zur Nachprüfung zeichnet man wieder eine Mengen-Zeitskala auf, deren Maßstab aus Platzgründen zu 1 Std. = 0,563 mm gewählt wird. (Abb. 14). Die 48-Stunden-Woche wird dann 27 mm lang und ein voller Arbeitstag 5 mm; für den Samstag verbleibt der Rest von 2 mm. Da es sich hier nur um die grundsätzliche Darstellung der Vorgänge handelt, so ist es gleichgültig, daß auf diese Weise für die tägliche Arbeitszeit eine unrunde Zahl entsteht; der Vorteil liegt in der bequemen Auftragsweise der Tage.

Auf dieser Skala zählen wir nun 20 Tage als Auftragslaufzeit ab, wobei zwei Samstage als ein ganzer Tag gerechnet werden und stellen sie als Strecke dar. Da die drei Aufträge eine gleichlange Laufzeit haben, so erhält man auch die gleichlangen Strecken  $A_I T_I$ ,  $A_{II} T_{II}$  und  $A_{III} T_{III}$ . Die Punkte  $A$  bedeuten den Tag der Auftragserstellung und die Punkte  $T$  die Liefertermine, die natürlich alle auf dem gleichen Tag liegen.

Die Reihenfolge, in welcher die Aufträge in der Werkstatt erledigt werden, ist gleichgültig, denn durch die Berechnung ist die Gewähr gegeben, daß innerhalb der Laufzeit die Summe aller in Frage kommender

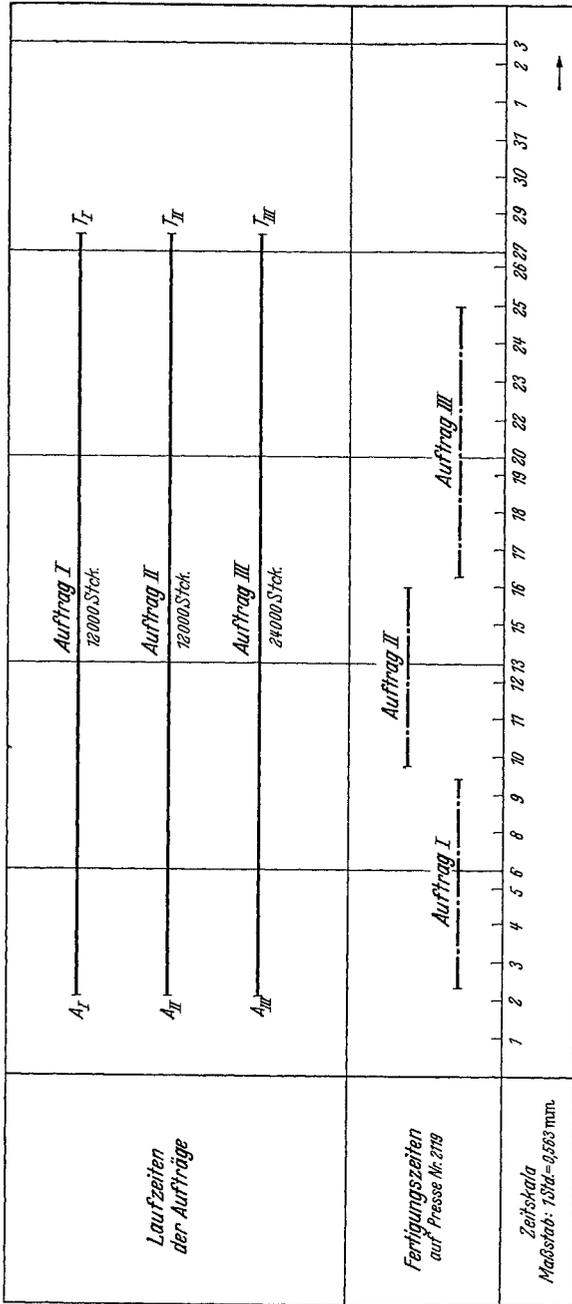


Abb. 14. Laufzeiten und Fertigungszeiten dreier Aufträge in einer Stanze.

Aufträge gefertigt werden können. (Daher „summarische Terminberechnung“). Die Fertigungszeiten betragen für:

$$\text{Auftrag } I: \frac{12\,000}{247} = 48,6 \text{ Std.}; 48,6 \cdot 0,563 = 27,4 \text{ mm}$$

$$,, \quad II: \frac{12\,000}{294} = 40,8 \text{ Std.}; 40,8 \cdot 0,563 = 23,0 \text{ mm}$$

$$,, \quad III: \frac{24\,000}{385} = 62,4 \text{ Std.}; 62,4 \cdot 0,563 = 35,2 \text{ mm.}$$

Diese Zeiten tragen wir als Strecken über der Zeitskala im unteren Teil von Abb. 14 auf, ausgehend vom Bestelltag *A*. Zur Berücksichtigung der Rüstzeiten, die hier allerdings sehr klein sind, trennt man die Strecken durch einen Zwischenraum von etwa 1 mm. Aus dem Vergleich der Strecken im unteren und oberen Teil des Bildes ist zu ersehen, daß die Summe der Stanzzeiten von *I* bis *III* um ein Geringes kleiner ist, als die verfügbare Laufzeit von 20 Tagen. Wäre die Mengenleistung der Presse für eines dieser Werkstücke kleiner als im Beispiel angegeben, würde damit also die Summe der drei Fertigungszeiten größer als die Laufzeit, so wäre an der Darstellung dennoch nichts geändert. Denn in diesem Falle müßte man auf Grund der Maschinenbedarfs-Berechnung *zwei* Pressen zum Stanzen dieser Teile heranziehen, so daß die berechnete Frist in Wirklichkeit doch ausreichend ist.

Daß die fragliche Presse bei den vorliegenden Mengenleistungen und Liefermengen nicht über 100 vH. ausgenutzt ist, läßt sich auch durch Aufstellung des

Belastungsgrades  $\beta$  in einfachster Weise nachprüfen. Es ist  $\beta = \frac{\sum L}{n}$ ; in diesem Fall, da  $n = 1$ ,

$$\beta = \frac{72 \cdot 1,05}{247} + \frac{72 \cdot 1,05}{294} + \frac{144 \cdot 1,05}{385} = 0,96.$$

Es ergibt sich also eine Belastung von 96 vH. Dadurch ist der Nachweis erbracht, daß die drei Teile ohne Überschreitung der vorgesehenen Zeit auf der Presse hergestellt werden können.

### C. Terminberechnung für Sonderaufträge.

Anwendungsgebiet: Wechselnde und ununterbrochene Massenfertigung.

Die zeitliche und mengenmäßige Gleichförmigkeit der Fertigung, die für das Verfahren der summarischen Terminberechnung vorausgesetzt ist, liegt nicht überall vor. Es genügt z. B. schon die Tatsache, daß einzelne Teile eines sonst fortlaufend hergestellten Erzeugnisses eine Sonderausführung erhalten (Sonderteile), um der Berechnung Schwierigkeiten zu machen. Denn Sonderausführungen werden vom Kunden meistens in ganz verschieden großen Mengen und Zeiträumen verlangt, so daß der Begriff der Liefermenge, der für die Bestimmung der Laufzeit maßgebend ist, nicht mehr ohne weiteres verwendet werden kann. Das Ver-

fahren wird zwar seinem Grundsatz nach beibehalten, doch muß es für den besonderen Zweck abgewandelt werden. Man kehrt es gleichsam um und fragt: wann und in welchen Mengen werden die Sonderteile benötigt? Auf Grund dieser Zeitpunkte bestimmt man erst die Termine der Sonderaufträge und legt dann rückwärts die Länge der Laufzeit fest.

Die wichtigste Unterlage bildet hierfür das *Fertigungsprogramm*, das allerdings auf längere Sicht festliegen muß. Es wird von der Betriebsleitung in Zusammenarbeit mit dem Terminbüro aufgestellt und aus ihm ist zu ersehen, bis zu welchen Tagen und in welchen Mengen die Sonderausführungen fertiggestellt sein müssen. Es bildet damit den Anhaltspunkt für die rückwärtige Berechnung der für die ordnungsgemäße Fertigung notwendigen Zeitbeträge.

Zur Verdeutlichung der Sachlage ziehen wir noch einmal das Beispiel aus dem vorhergehenden Absatz heran. Die Herstellung von 72 Schnellwaagen je Stunde bezog sich auf die normale Ausführung, die in gleichmäßigen Mengen gebaut wird. Angenommen, es soll auf Grund eines Kundenwunsches eine bestimmte Anzahl dieser Waagen mit erweitertem Wiegebereich hergestellt werden, so ergibt sich die Notwendigkeit, eine Anzahl von Bauteilen abzuändern oder auch zusätzlich hinzuzufügen.

Ein solcher Kundenauftrag belaufe sich beispielsweise auf 8000 Stck. Mit Rücksicht auf den gleichmäßigen Absatz der Normalausführung ist es nun nicht zulässig, den ganzen Sonderauftrag hintereinander zu erledigen. Daher verteilt man die Herstellung über mehrere Wochen oder Monate und legt in Form des Fertigungsprogrammes fest, an welchen Tagen und wieviel Stück der Sonderausführung jeweils gebaut werden sollen.

Es ist auch in diesem Fall vorteilhaft, das Programm zur augenfälligen Veranschaulichung der Mengenverhältnisse zeichnerisch darzustellen. Zu diesem Zweck zeichnet man wiederum eine Skala, in welcher jedoch im Gegensatz zu den bisher angeführten, nicht jeder Arbeitstag aufgetragen ist, sondern nur diejenigen, an denen die Sonderausführung gebaut wird. Die zeichnerische Länge eines solchen Tages entspricht der Anzahl Sondererzeugnisse, welche das Programm an dem betreffenden Tag für den Zusammenbau vorsieht (Abb. 15). Der Maßstab ist in der Abb. so gewählt, daß 1 mm der Anzahl von 50 Stck. entspricht. Wenn also beispielsweise an einem Tag 250 Sonderwaagen gebaut werden, so beträgt die Länge dieses Tages auf der Skala  $\frac{250}{50} = 5$  mm. Die unter der Skala stehenden Daten verweisen auf die Tage, an denen der Zusammenbau laut Fertigungsprogramm erfolgt (Bautage).

Der Kundenauftrag von 8000 Stck. wird für die Werkstattbearbei-

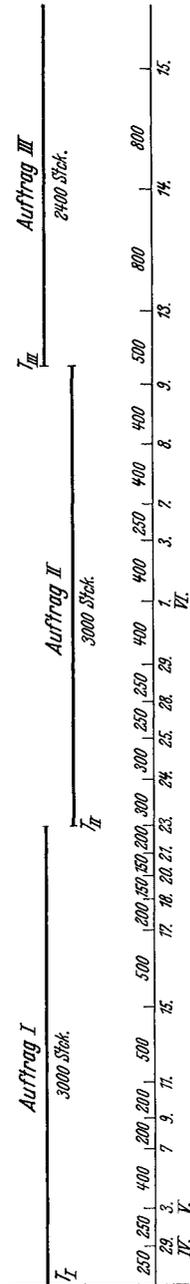


Abb. 15. Mengenskala. Maßstab: 1 mm = 50 Teile. Es werden nur diejenigen Tage aufgetragen, die das Programm für den Zusammenbau des betr. Sonder-Erzeugnisses vorsieht. Die graphische Länge eines Tages entspricht der Anzahl Erzeugnisse oder Teile, die hergestellt werden sollen. Die Strecken überspannen die Zeiträume, während der die fertigen Aufträge den Bedarf des Zusammenbaus decken.

tung nach Maßgabe wirtschaftlicher Auftragsstückzahl ein- oder mehrmals unterteilt. Wir rechnen im vorliegenden Fall mit zweimal 3000 Stck. und einmal 2400 Stck.; dabei ist die Gesamtzahl zur Ausschlußberücksichtigung etwas höher angesetzt. Es besteht nun die Aufgabe, hierfür die Laufzeiten zu ermitteln.

Man trägt zunächst die Stückzahlen als Strecken über der Skala an und zwar mit dem Anfangspunkt beim ersten, hier verzeichneten Bautag (29. April). Die Längen der Strecken betragen nach obigem

$$\frac{3000}{50} = 60 \text{ mm und } \frac{2400}{50} = 48 \text{ mm.}$$

Diese Strecken stellen aber nicht etwa die Laufzeiten dar, sondern sie überspannen lediglich die Zeiträume, während denen der Einbauverbrauch des betreffenden Sonderteiles durch die fertigen Aufträge gedeckt ist. Somit bedeuten deren Anfangspunkte die äußersten Termine, bis zu denen die Aufträge fertiggestellt sein müssen. So ist z. B. als erster Bautag der 29. April angesetzt; also müssen sämtliche Teile zu der Sonderausführung bis zu diesem Tag zur Verfügung stehen. Daher wird man als Termin für Auftrag I den 28. April verlangen, besser noch einige Tage früher, um etwaige Verzögerungen zu berücksichtigen, die bei der Herstellung solcher Sonderteile leicht auftreten können.

Die Liefertermine für die beiden anderen Aufträge werden auf die gleiche Weise bestimmt. Sie fallen, wie aus der Abbildung ohne weiteres zu ersehen ist, spätestens auf den 21. Mai ( $T_{II}$ ) und den 12. Juni ( $T_{III}$ ).

Sind so die Fertigtermine für die Aufträge bestimmt, so besteht die weitere Aufgabe darin, rückwärts die zugehörigen Laufzeiten zu ermitteln, also die Zeitpunkte, an denen die Aufträge an die Werkstatt vergeben werden müssen, um die ordnungsmäßige Bearbeitung zu sichern.

Das Verfahren, nach welchem man dabei vorgeht, richtet sich ganz nach der Herstellungsweise des betreffenden Teiles und im weiteren Sinn nach der Art der ganzen Sonderausführung. Hierbei sind im wesentlichen zwei Gruppen von Sonderteilen zu unterscheiden:

a) Solche, die *an Stelle* eines *Normalteiles* in das Erzeugnis eingebaut werden, die also herstellungstechnisch keine zusätzliche Belastung des Betriebes bedeuten. Für sie kann die Laufzeit wie üblich durch den Bruch  $\frac{h}{z}$  rückläufig berechnet werden.

b) Im Gegensatz dazu stehen Teile, die außer der normalen *zusätzlich* in die Sonderausführung eingebaut werden. Ihre Herstellung bedeutet demnach auch eine zusätzliche Belastung der Werkstatt. Für sie ist es vorteilhaft, die Laufzeit auf zeichnerischem Wege durch Darstellung der Bearbeitungszeiten eindeutig zu bestimmen.

Fall a) ist ohne weiteres klar. Sind die Liefertermine der Werkstattaufträge nach den oben erläuterten Gesichtspunkten richtig festgelegt, so lassen sich die zugehörigen Laufzeiten leicht ausrechnen, wenn vorausgesetzt werden kann, daß die Herstellung oder Bearbeitung dieser Teile nicht mehr Zeit beansprucht als die der normalen.

Um den Verhältnissen von Fall b) gerecht zu werden, entwirft man am besten einen Terminplan, um die gesamten Fertigungszeiten richtig zu erfassen. Dies geschieht durch Verbindung der Mengenskala nach Abb. 15 mit einem Maschinenbelegungsplan. Die folgende Abbildung zeigt einen derartigen Verbundplan, der jedoch, wie gleich zu sehen ist, nichts grundsätzlich Neues darstellt.

Der Plan besteht aus zwei Feldern. Im oberen ist die Skala für den Mengenbedarf aufgeführt, mit dem Maßstab: 1 mm = 50 Stck. Es sind zwei Werkstattaufträge in Höhe von je 3000 Stck. eingezeichnet, welche einen Zeitraum von etwa sechs Wochen überspannen. Das darunterliegende große Feld ist für die Maschinenbelegung vorgesehen. Daher sind an dessen äußeren Rand die Maschinen verzeichnet, welche das fragliche Teil auf seinem Herstellungsgang durchwandert, wobei zugleich auch die jeweilige Mengenleistung  $L$  Stck/Std. angegeben ist. Die Skala des unteren Feldes ist eine gewöhnliche Zeitskala, mit dem Maßstab: 1 Std. = 0,563 mm. Es ist also zu beachten, daß die untere und obere Skala verschiedenartige Maßstäbe aufweisen.

Bei der Ausarbeitung des Planes geht man folgendermaßen vor.

Es wird zunächst die Mengenskala gezeichnet auf Grund der im Programm vorgesehenen Bautage. Dann werden die Auftragshöhen als Strecken darübergerzogen, wodurch die äußersten Termine festgelegt



sind. Von diesen Punkten aus entwickelt man rückwärts die Fertigungszeit, also ausgehend vom letzten Arbeitsgang bis zum Beginn des ersten. In Abb. 16 ist dies für die Aufträge *I* und *II* geschehen. Ist Auftrag *I* ins Lager geliefert, so reicht der Bestand bis zum 22. Mai; vom 24. an muß der zweite Auftrag zur Verfügung stehen, also liegt für diesen der äußerste Termin auf dem 23. Mai. Im unteren Feld sind die Fertigungszeiten für beide Aufträge eingezeichnet. Die Zurückverfolgung läßt erkennen, daß die gesamte Arbeitszeit von Auftrag *I* die Zeit vom 7. April bis zum 26. April und diejenige von Auftrag *II* die Zeit vom 4. Mai bis zum 19. Mai umfaßt. Damit sind die Punkte *A* und *T* für beide Aufträge bestimmt, d. h. Arbeitsbeginn (*A*), Liefertermin (*T*) und Laufzeit (in diesem Fall gleichbedeutend mit Fertigungszeit) sind festgelegt. Die Aufträge können ordnungsgemäß ausgeführt werden und die Teile stehen dem Zusammenbau zur vorgeschriebenen Zeit zur Verfügung.

Muß bei der Fertigung der Teile mit Ausschub gerechnet werden, so ist das beim Entwurf des Planes in der Weise zu berücksichtigen, daß die Strecken im oberen Feld um den zu erwartenden Hundertsatz gekürzt werden. Die Punkte *E* rücken dadurch weiter nach links und der nächste Auftrag muß entsprechend früher zur Verfügung stehen.

#### **D. Terminberechnung für Aufträge auf beliebige Arten von Massenerzeugnissen.**

Anwendungsgebiet: Wechselnde Massenfertigung.

Je weitläufiger die Zahl verschiedenartiger Erzeugnisse eines Werkes ist, desto schwieriger gestaltet sich naturgemäß die terminmäßige Betriebsüberwachung. Befaßt man sich jedoch näher mit den vorliegenden Verhältnissen, so wird man immer wieder Möglichkeiten finden, die bisher verwendeten Begriffe und Verfahren auch auf das verwickelte Gebiet der stets wechselnden Massenfertigung zu übertragen (vgl. Gruppe 4 im II. Abschnitt). Vielfach verbirgt sich hinter dieser Betriebsart sogar eine ununterbrochene Massenfertigung nach Gruppe 1 oder 2, ohne daß man dies zunächst gewahr würde. So gibt es Betriebe, die jede erdenkliche Art von Stanzerei- oder Drehereierzeugnisse zur Ausführung bringen, die jedoch nicht für die eigene Fertigung verwendet, sondern ausschließlich im Auftrag fremder Firmen oder sonstiger Abnehmer hergestellt werden. Es dürfte oftmals die Möglichkeit bestehen, solche Gegenstände ununterbrochen anzufertigen, also vom Kundenauftrag zu lösen und auf Lager zu arbeiten, sobald die Erfahrung gezeigt hat, daß diese Teile doch immer wieder verlangt werden — wenn auch in verschiedengroßen Mengen und Zeitabschnitten. Man kann also gegebenenfalls ganze Maschinengruppen vom übrigen Betrieb abspalten, für die dann Begriffe wie stündliche Liefermenge u. ä. aufrecht erhalten und damit

Abteilung		Lieferprogramm										Blatt		von 15. 8. 1939 bis 1. 10. 1939	
Auftr.- Nr.	Stück	Gegenstand	Werkstoff	Abmessung	Termin				neuer Auftrag verausichtlich						
					Stück	bis	Stück	bis	Stück	bis	Stück	bis			
2409	150 000	Senkschrauben	St 38. 11	1 · 0,2 · 4 DIN 243	50 000	1. 6.	50 000	15. 7.	50 000	21. 9.	200 000	Jan.	1940		
2410	500 000	Paßkerbstifte	Al.	2,5 · 6,0 DIN 7	200 000	3. 5.	300 000	18. 8.							

Abb. 17. Muster eines Kundenprogrammes.

das einfache Verfahren der summarischen Terminberechnung mittelst des Bruches  $\frac{h}{z}$  verwendet werden kann. Man hat dadurch den großen Vorteil gleichmäßiger Betriebsbelastung und vereinfachter Lagerhaltung.

In allen andern Fällen findet fast immer die Termingebung auf Grund der Fertigungszeiten Anwendung, also eine Berechnungsweise, die aus den vorhergehenden Abschnitten bereits bekannt ist.

Der Ausgangspunkt für die planende Betriebsregelung bildet auch hier das Kundenprogramm, welches Auskunft über das „wann?“ und „wieviel?“ erteilt. Aus ihm sind folgende Angaben zu entnehmen:

1. Art der herzustellen den Gegenstände.
2. Höhe der einzelnen Kundenaufträge.
3. Vom Kunden geforderte Lieferfristen.
4. Anzahl und Höhe etwaiger Teillieferungen.
5. Zeitpunkt und Höhe etwaiger Wiederholungsaufträge.

Die äußere Form des Kundenprogramms ist so auszugestalten, daß diese fünf Punkte deutlich in Erscheinung treten. Man kann dazu Vordrucke nach nebenstehendem Muster benutzen.

Sehr praktisch ist es, diesen Plan auf einer Tafel zu führen, die nach Art der Termintafeln gebaut ist. Die einzelnen Angaben wie Stückzahl, Gegenstand, Abmessung, Termintag usw. werden auf kleine Pappkärtchen geschrieben und in die entsprechenden Fächer gesteckt. Dadurch ist es möglich, jede Änderung durch einfaches Auswechseln der Kärtchen zu berücksichtigen, ohne daß es nötig ist, unübersichtliche Ausstreichungen und Neubeschriftungen vorzunehmen.

Auf Grund des Programms arbeitet das Terminbüro die Werkstattbelegung aus, d. h. die Kundenaufträge werden nach den Gesichtspunkten wirtschaftlicher Fertigung unterteilt und die innerwerklichen Liefertermine bestimmt. Dies geschieht am sichersten durch die Ausarbeitung eines umfassenden Belegungsplanes, in welchem alle Aufträge geführt sind. Gleichlaufend damit ist auch ein Terminplan für *Werkzeuge und Vorrichtungen* zu entwerfen. Letzterer ist sehr wichtig, weil es sonst leicht vorkommen kann, daß eine mit viel Umsicht und Geschicklichkeit ausgeklügelte Werkstattbelegung nur deshalb wieder umgestoßen werden muß, weil die zur Fertigung notwendigen Hilfsmittel nicht rechtzeitig zur Verfügung stehen.

Die Gesichtspunkte, nach denen die Maschinen belegt werden, sind bereits bekannt. Neu dagegen ist die terminmäßige Erfassung der Hilfswerkstätten wie Vorrichtungsbau, Schnitt- und Werkzeugmacherei, Kokillenanfertigung usw. Hier stößt man zunächst auf Schwierigkeiten, da keine der bisher verwendeten Unterlagen benutzt werden können. Ferner besteht eine gewisse Schwierigkeit darin, daß diese Arbeiten meistens handwerklich und als Einzelanfertigung ausgeführt werden, so daß die Stückzeiten vielfach starke Schwankungen aufweisen. Doch lassen sich für die Terminüberwachung Anhaltspunkte schaffen, die man auf folgende Weise erhält:

Die Leistungsfähigkeit einer Hilfswerkstatt setzt sich aus zwei Komponenten zusammen:

1. Aus der Anzahl Arbeitskräfte, die beschäftigt sind;
2. aus der Anzahl Arbeitsstunden, die jeder Arbeiter täglich leistet.

Das Produkt „Arbeiter mal Stundenzahl“ läßt sich genau erfassen und kann als „Leistungsfähigkeit“ der Werkstatt angesehen werden. Graphisch stellt es eine Fläche dar, deren Inhalt die verfügbare Leistungsfähigkeit (Kapazität) angibt (Abb. 18). Letztere ist  $K = A \cdot x$ , wenn  $A$  = Anzahl verfügbarer Arbeitskräfte und  $x$  die tägliche Arbeitsstundenzahl bedeutet. Die Zeitskala in Abb. 18 ist wie üblich so geteilt, daß die zeichnerische Länge eines Tages der Anzahl seiner Arbeitsstunden entspricht. Die Fläche stellt die gesamte Leistungsfähigkeit einer Schnittmacherei während zweier Wochen dar. Es werden 6 Arbeiter beschäftigt,

die wöchentlich 48 Stunden arbeiten; es ist also  $K = 6 \cdot 48 = 288$  Arbeiterstunden je Woche. In die Fläche sind einige Aufträge eingezeichnet, um zu zeigen, wie man die Aufteilung vornehmen kann. So ist z. B. für den Werkstattauftrag 13001 je ein Schnitt für Teil 1 und Teil 3 herzustellen. Am Schnitt für Teil 3 sind erst zwei und dann drei Arbeiter beschäftigt, wie aus der Form der Fläche zu ersehen ist.

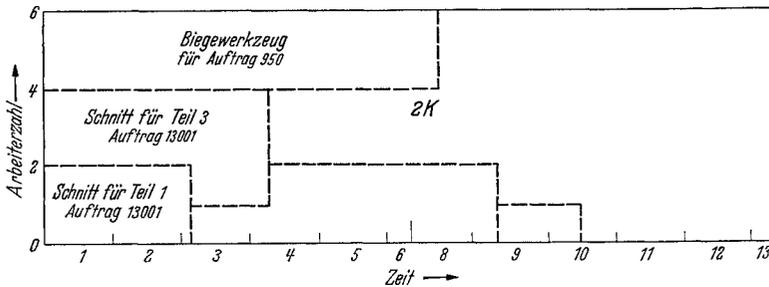


Abb. 18. Flächenschaubild für die Leistungsfähigkeit einer Schnitt- und Werkzeugmacherei während 12 Arbeitstage.

Maßstäbe: Arbeiterzahl: 1 Arbeiter = 10 mm. Zeit: 1 Stunde = 1 mm.

Die Zeit, die ein Arbeiter zur Ausführung einer Arbeit braucht, kann vom Arbeitsbüro angegeben werden; der Meister wird auf Grund seiner Erfahrung die Zahl der Leute bestimmen können, die jeweils beschäftigt werden sollen. Die beiden Größen  $A$  und  $x$  sind also gegeben und das Terminbüro ist in der Lage, in die verfügbare Gesamtfläche die zur Erledigung eines Auftrags notwendige Teilfläche einzuzeichnen. Bei geschickter Aufteilung des vorhandenen Platzes ist es möglich, auch auf längere Sicht, die Fristen für die anfallenden Arbeiten der Hilfswerkstatt vorauszubestimmen. Dabei soll man jedoch im Hinblick auf die Überschlägigkeit des Verfahrens der Zeitgröße  $x$  eine gewisse Beweglichkeit zusichern, so daß die sich ergebenden Termine lediglich als Richtwerte zu betrachten sind.

Zusammenfassend wären folgende Hauptpunkte bei der Aufstellung eines Terminplans für Massenaufträge nach Gruppe 4 zu erledigen:

1. Übernahme des Kundentermins in das Fertigungsprogramm.
2. Unterteilung des Kundenauftrags nach Maßgabe wirtschaftlicher Fertigung.
3. Gegebenenfalls: Ausarbeitung einer Mengenskala, d. i. die graphische Darstellung der Stückzahl der an den einzelnen Tagen herzustellenden Erzeugnisse.
4. Eintragen der Fertigungszeiten des Auftrags in den Maschinenbelegungsplan.
5. Gegebenenfalls: Bestimmung der Werkzeug- und Vorrichtungstermine an Hand eines Flächenschaubildes.

## VIII. Terminverfolgung.

### 1. Maßnahmen zur Überwachung der Lagerbewegungen.

In diesem Abschnitt befassen wir uns mit der praktischen Durchführung aller bisher behandelten Verfahren der Betriebsregelung und Terminberechnung. Der Ausdruck „Terminverfolgung“ soll daher nicht zu eng umgrenzt werden, denn wir verstehen darunter nicht nur die Überwachung der Werkstattaufträge auf termingerechte Ablieferung und die damit zusammenhängenden Mahnarbeiten, — eine Tätigkeit, die sehr treffend mit „Terminjägerei“ bezeichnet wird — sondern im Grunde den Aufbau des gesamten organisatorischen Skeletts der Terminordnung.

Der Aufgabenkreis des Terminbüros umfaßt einerseits die geregelte Erstellung der innerwerklichen Aufträge und die gewissenhafte Terminbestimmung und andererseits die Überwachung und kritische Verfolgung des zeitlichen Ablaufs der Arbeiten in den Werkstätten. Beides geschieht mit Hilfe eines wohlgedachten Überwachungsnetzes, das so ausgestaltet werden muß, daß die Verwaltungsarbeit auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt. Man hüte sich vor Überorganisation! Überspitzte Kontrollpläne und verwickelte Kurvendarstellungen verfehlen meistens ebenso ihren Zweck, wie auf der andern Seite in der Terminberechnung zu weit getriebene Untergliederung von Arbeitsvorgängen oder die Ausarbeitung von Belegungsplänen für Maschinen, welche der Termingestaltung keinerlei Schwierigkeiten in den Weg legen. Diese Dinge nehmen zu ihrer zuverlässigen Durchführung nur kostspielige Zeit und Arbeitskraft in Anspruch, neigen zur Unübersichtlichkeit und stehen gewöhnlich in keinem Verhältnis zum Nutzen, den sie der Betriebsregelung bringen. In der ununterbrochenen Massenfertigung erfüllt eine gut geordnete Kartei und ein klares Reitersystem für die Karteikarten wohl immer seinen Zweck und verlangt nicht übermäßig viel Arbeit zur Durchführung. Die folgenden Ausführungen erstrecken sich im wesentlichen auf das Gebiet der ununterbrochenen Massenfertigung, weil hier die Vorgänge die mannigfaltigsten Gestaltungsmöglichkeiten bieten. Sinngemäße Übertragung auf wechselnde Massenfertigung ist jedoch fast immer denkbar.

Wichtig ist, daß jedes Teil des Erzeugnisses in jedem Grad seiner Fertigung auf einer eigenen Karteikarte geführt wird. Auf ihr werden die Lagerbewegungen durch Zu- und Abbuchungen vermerkt. Das geschieht auf Grund von Meldescheinen (Entnahme- und Lieferscheine), die von der Lagerverwaltung bei Teileausgabe, und umgekehrt von der Werkstatt bei Ablieferung der Aufträge ausgeschrieben werden. Ist nach Abbuchung eines Auftrages der auf der Karte vermerkte Bestellbestand unterschritten, so wird die betreffende Karte durch Aufsetzen

eines Reiters gekennzeichnet. Nach Abschluß der täglichen Buchungen werden dann alle diejenigen Karten der Kartei zur Auftragerstellung entnommen, welche den betreffenden Reiter führen. Auf diese Weise ist die wichtigste Forderung, nämlich die planmäßige Neubestellung von Werkstattaufträgen, erfüllt.

Die Reiter sind als „Karteireiter“ im Handel in den verschiedensten Ausführungen und Farben erhältlich. Sie lassen sich für jede beliebige Überwachungsaufgabe verwenden; dabei sind die einzelnen Vorgänge mit bestimmten Farben verbunden. So werden z. B. folgende Farben vorgeschlagen:

„Weiß“: Bestellbestand erreicht; Neubestellung eines Auftrages ist erforderlich.

„Gelb“: Bestellbestand erreicht; Auftrag kann jedoch wegen fehlenden Werkstoffes oder wegen Mangel an Teilen der vorhergehenden Fertigungsstufe nicht erstellt werden.

„Rot“: Sicherheitsbestand unterschritten.

„Schwarz“: Liefertermin des laufenden Auftrags überschritten.

Die Bestellung eines Auftrags geschieht dadurch, daß man einen Vordruck ausfüllt, der folgende Angaben enthalten soll: Art des Musters oder Größenbezeichnung, Teilnummer, Fertigungsgrad, Stückzahl der Bestellung, Auftragsnummer und Werkstoff. Weiterhin sind gewöhnlich noch Scheine für die Teilerücklieferung aus der Werkstatt und solche zur Eintragung von Verrechnungsdaten beigelegt.

Ist bestellt worden, so wird der weiße Reiter von der Karte entfernt und Karte samt Vordruck dem Terminbearbeiter übergeben. Der Vordruck wandert schlechthin als „Auftrag“ durch die Fertigung (vgl. Abb. 19). Aus ihm entnimmt die Lagerverwaltung Art und Anzahl der auszugehenden Teile oder des Werkstoffes; dem Werkstattmeister gibt er Auskunft über die Länge der zur Verfügung stehenden Frist. Er muß in doppelter Ausfertigung vorhanden sein, da ein Beleg im Terminbüro zurückbehalten werden soll. Diese Belege werden während der ganzen Auftragslaufzeit in einer besonderen Vorrichtung geführt, die aus einem Kasten mit 31 Fächern besteht, entsprechend den Tagen eines Monats. Die Aufbewahrung geschieht in der Weise, daß alle Durchschläge, die denselben Termin tragen, in dem zugehörigen Tagesfach untergebracht sind. Der Terminverfolger entnimmt dann an jedem Tag die für das gegenwärtige Datum anfallenden Durchschläge und prüft an Hand der Buchungen auf den Karteikarten, ob die Aufträge von der Werkstatt terminmäßig abgeliefert worden sind. Ist dies ordnungsmäßig geschehen, so wird der Durchschlag als erledigt abgelegt. Wurde der Auftrag auf einer Belegungstafel geführt, so ist der zugehörige

Terminstreifen durch einen Stempelaufdruck entsprechend zu kennzeichnen oder ganz von der Tafel zu entfernen.

Ist der Auftrag jedoch noch nicht ins Lager eingeliefert worden, so ergeht eine Mahnung an die Werkstatt. Zugleich wird die Lagerkarte zur besseren Überwachung schwarz bereitet. Lieferverzögerungen, die vom Meister vorausszusehen sind, müssen dem Terminbüro unter allen Umständen in Form von Verzögerungsmeldungen mitgeteilt werden, damit man rechtzeitig die notwendigen Maßnahmen treffen kann. Man hat Sorge zu tragen, daß diese Aufträge bis zu ihrer endgültigen Auslieferung dauernd überwacht werden.

Der gesamte verwaltungstechnische Weg eines Werkstattauftrages ist in nachstehendem Schaubild schematisch dargestellt. Jede durch einen Punkt bezeichnete Stelle bedeutet die Abwicklung eines Vorganges. Die Art desselben ist links außen abzulesen, der Ort seiner Abwicklung senkrecht über dem Punkt am Kopf des Schaubildes. Die Verbindungslinie zwischen den einzelnen Punkten zeigt die Reihenfolge und den Weg des gesamten Ablaufs an. Eine solche bildliche Darstellung örtlich verschiedener und zeitlich aufeinander folgender Vorgänge findet im Terminwesen da und dort Anwendung. Sie hat den Vorzug, durch wenige Stichworte und Linien das gleiche auszusagen, was anderweitig nur durch umfangreiche Erklärungen und Beschreibungen ausgedrückt werden kann.

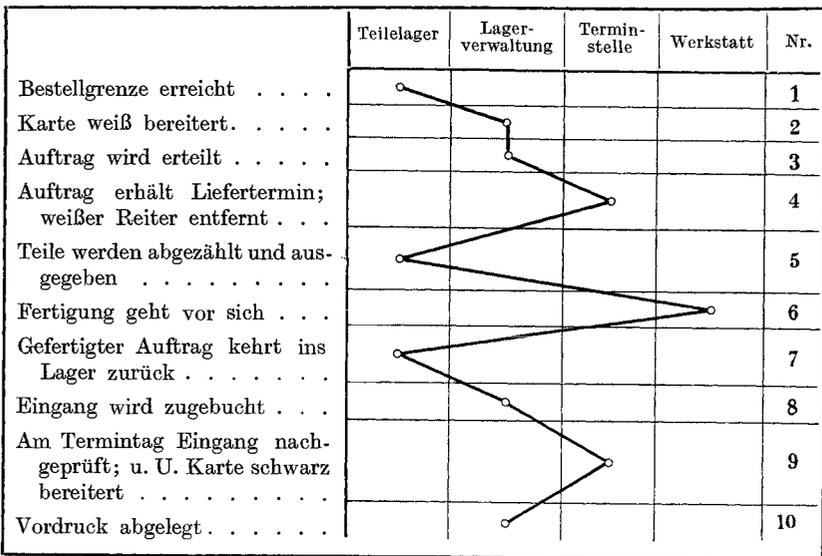


Abb. 19. Verwaltungstechnischer Weg eines Werkstattauftrages als Bewegungsschaubild dargestellt. Jeder Punkt bedeutet die Abwicklung eines Vorganges, dessen Art links vom Punkt und dessen Ort senkrecht darüber abzulesen ist.

## 2. Auftragserteilung und Terminsetzung.

Die Gesichtspunkte, nach denen die Werkstattaufträge bestellt werden, hängen von der Betriebsart ab. Es wird bestellt:

a) Bei ununterbrochener Massenfertigung auf Grund der normalen Bestellordnung, dann wenn der Lagerbestand die Bestellgrenze erreicht hat.

b) Bei ununterbrochener und wechselnder M. auf Grund eines Belegungsplanes, in welchem die Bestelltage für jeden Auftrag festliegen, dann wenn ein solcher Tag fällig ist.

c) Bei wechselnder M. auf Grund von Kundenaufträgen je nach Bedarf.

Entsprechend den verschiedenen Arten von Werkstattaufträgen finden auch die verschiedenen, im Abschnitt VII behandelten Berechnungsweisen für die Termingerebung Anwendung.

Zu a): Aus dem Schaubild ist zu entnehmen, an welcher Stelle seines Weges der Auftrag mit dem Liefertermin versehen wird. Der Sachbearbeiter erhält mit jedem Auftragsformblatt die Karteikarte des betreffenden Teiles, aus welcher der gegenwärtige Lagerbestand sowie der Termin eines etwa noch in der Werkstatt befindlichen, vorhergehenden Auftrages zu ersehen ist. Die Laufzeit des vorliegenden Auftrages ist nach der Formel

$$i = \frac{h}{Z_{Tg}} (\text{Tage})$$

auszurechnen und die Anzahl Tage auf dem Kalender abzuzählen. Die Laufzeit wird dabei vom letzten, auf der Karte eingetragenen Termin an gerechnet, soweit dieser später liegt als der Bestelltag. Wird beispielsweise ein Auftrag am 5. Mai erstellt und ist auf der Karte ein bereits laufender Auftrag mit Termin am 9. Mai vermerkt, so wird die Laufzeit des neuen Auftrages erst vom 9. Mai an gerechnet. Sollte der Sicherheitsbestand des betreffenden Teiles unterschritten sein, so muß darauf bei der Terminberechnung Rücksicht genommen werden. Die Gesichtspunkte, nach denen dies geschieht, sind in einem späteren Abschnitt eingehend behandelt.

Zu b): Ist die Auftragsfolge auf einer Termintafel festgelegt, so bestimmt man mit dem Senkel das Ende des letzten in Frage kommenden Arbeitsganges und liest den Tag auf der Zeitskala ab. Das Datum wird dann ohne jede Vor- oder Rückverlegung als Termin eingetragen.

Zu c): Hier gelten die Grundsätze der Terminberechnung für Sonderaufträge. Liegen graphische Mengenpläne vor, so geht der zu den ein-

zelen Aufträgen gehörige Termin ohne weiteres aus der Darstellung hervor (vgl. Abschn. VII C). Es sei jedoch noch einmal darauf hingewiesen, daß bei diesem Verfahren der Termin am *Anfangspunkt* der den Auftrag bezeichnenden Strecke liegt, weil bis zu diesem Tag der Verbrauch durch den vorhergehenden Auftrag gedeckt ist. Aus Sicherheitsgründen kann man den Termin einige Tage vorziehen, um zu erreichen, daß die Arbeiten in der Werkstatt etwas früher begonnen werden. Sollte sich die Lieferung des Auftrags aus unvorhersehbaren Gründen verzögern, so besteht keine unmittelbare Gefahr mehr, daß die weitere Fertigung wegen Fehlens der Teile unterbrochen werden muß.

Eine derartige Kürzung darf aber nur dann vorgenommen werden, wenn man sicher ist, daß die Werkstätten den Anforderungen auch wirklich nachkommen können. Darauf kann nicht eingehend genug hingewiesen werden. Denn zu hohe Anforderungen führen unweigerlich zu Termenschwierigkeiten. Die aber bilden die Quelle stetiger Streitigkeiten zwischen Werkstatt und Büro, ziehen oft stoßartige Belastung nach sich, so daß schließlich das Vertrauen in die Zweckmäßigkeit des Terminwesens untergraben wird. Diese Dinge können vermieden werden, wenn man die Liefermöglichkeit der Werkstätte sorgfältig prüft und etwa vonstattengegangene Veränderungen mit in der Rechnung berücksichtigt.

### 3. Regelung der Bestelltage<sup>1</sup>.

Nach der Theorie der Lagerbewegungen ergibt sich der Bestelltage auf Grund des Bestellbestandes. Die Dichte der Bestellfolge hängt von der jeweiligen Auftragshöhe ab. Doch auch wenn diese gleichbleibend ist, so sind die Zeiträume zwischen den einzelnen Bestelldagen in der Praxis verschieden lang, weil eine gewisse Unregelmäßigkeit der Lagerbewegungen nicht vermeidbar ist. Daher kommt es, daß die Summe aller Aufträge täglich an eine Werkstatt vergeben werden, die jeden Tag verschieden groß sein kann. Das aber führt oft zu Anhäufungen von Aufträgen, sehr zum Schaden der gleichmäßigen Fertigung.

Ist die Auftragshöhe so festgesetzt, daß sie für den Verbrauch eines Monats ausreicht, so hat man die Möglichkeit, einen Plan zu entwerfen, in welchem die Bestelldage für alle Teile so über den ganzen Monat verteilt sind, daß jeder Tag annähernd gleich hoch belastet ist. Dadurch werden stoßartige Spitzenanforderungen an die Werkstatt vermieden. Die Abb. 20 und 21 zeigen eine Gegenüberstellung dieser Möglichkeit mit der sonst gebräuchlichen Art zu bestellen. Die Zeitachsen umfassen die Tagesfolge je eines Monats; die Höhen der senkrechten Strecken sind durch die Anzahl der Aufträge gegeben, mit welcher die betreffende Werkstatt an den einzelnen Tagen beschickt wurde. Die beiden Dar-

<sup>1</sup> Der folgende Abschnitt gilt nur bei ununterbrochener Massenfertigung.

stellungen sind der Praxis entnommen und zeigen die tägliche Beschickung derselben Werkstatt, Abb. 20 vor und Abb. 21 nach Einführung des Bestellplanes. Die regelmäßige Auftragserstellung machte sich sehr bald dadurch bemerkbar, daß die Lieferungen aus der Werkstatt äußerst termingerecht eintrafen und daß sich die Lagerbewegungen der betreffenden Fertigungsstufe sehr gleichmäßig abspielten.

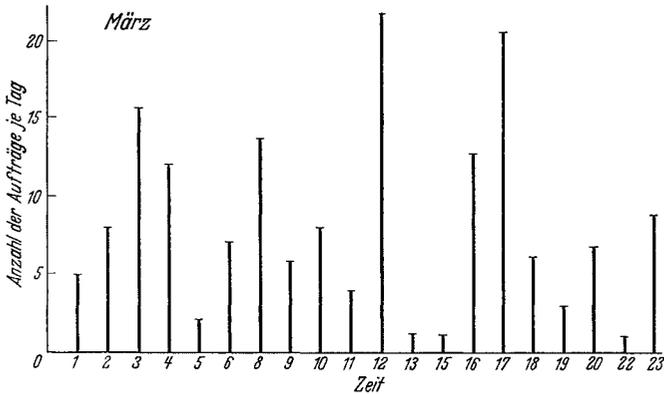


Abb. 20. Vor Einführung des Bestellplanes.

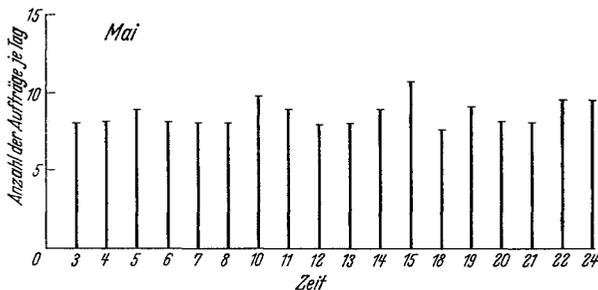


Abb. 21. Nach Einführung des Bestellplanes.

Abb. 20 u. 21. Zahl der täglich im Verlauf je eines Monats in einer Werkstatt anfallenden Aufträge.

Der Bestellplan wird einmalig ausgearbeitet und hat dann so lange Gültigkeit wie die Erzeugung des Betriebes gleichbleibt. Wird die Werkstatt jeden Monat zu durchschnittlich 25 Arbeitstagen mit  $n$  Aufträgen beschickt, so sollen auf einen Tag möglichst nur  $\frac{n}{25}$  Aufträge fallen. Der Bestelltag bleibt für alle Monate unverändert und wird in Form eines Zahlenreiters auf der Karte sichtbar vermerkt. Fällt er einmal auf einen arbeitsfreien Tag, so wird der Auftrag am vorhergehenden Arbeitstag ausgeschrieben. Im allgemeinen stimmt bei richtig bemessener Auftragsgröße und gleichförmiger Erzeugung der einmal festgesetzte Bestelltag auch mit dem Tag überein, an welchem der Bestellbestand erreicht ist,

was ja nun ebenfalls in monatlichen Abständen der Fall sein muß. Zur Gegenprüfung empfiehlt es sich, gleichzeitig noch die Vermerkung mittelst weißer Reiter durchzuführen. Es kann nämlich vorkommen, daß ein Datumreiter übersehen und damit ein ganzer Monat bei der Bestellung übersprungen wird. Wurden jedoch die weißen Reiter mit beibehalten, so wird der Fehler — selbst wenn der Reiter von der Karte abgefallen sein sollte — spätestens bei der nächsten Buchung bemerkt, so daß die Bestellung nachgeholt werden kann.

Durch Einführung dieses Verfahrens vereinfacht sich die Termingebung sehr erheblich. Normalerweise ist bei der Auftragserteilung eine ganze Auftragshöhe einschließlich der vorgeschriebenen Sicherheitsmenge als Lagerbestand vorhanden, gemäß der Beziehung  $b = h + s$  (vgl. Abschn. VI 2). Ein Blick auf die Karte genügt zur Nachprüfung. Da  $h$  für den Verbrauch eines ganzen Monats bestimmt ist und zugleich auch einen Monat als Laufzeit in der Werkstatt benötigt, so liegt nichts im Wege, den Liefertermin für einen derartigen Auftrag auf den gleichen Tag des nächsten Monats festzusetzen. Aufträge, die beispielsweise am 1. März erstellt sind, erhalten den zugeordneten Termin am 1. April. Die ungleichlangen Monate heben sich gegenseitig auf. Der Termintag eines Auftrags ist also mit dem Bestelltage des folgenden gleichlautend, eine Erscheinung, die den Voraussetzungen der theoretischen Lagerbewegungen durchaus entspricht. Da auf diese Weise alle am gleichen Tag erstellten Aufträge rein ziffernmäßig auch den gleichen Termin erhalten, so kann die Eintragung auf Karte und Auftragsformblatt mit Hilfe eines Datumstempels geschehen, so daß die Schreibearbeit dadurch wieder verringert wird.

Die Gefahr, daß diese Einrichtung eine zu geringe Bewegungsfreiheit bewirkt, wird dadurch vermieden, daß man Berichtigungsmöglichkeiten für die Lagerbewegungen schafft. Dafür stehen zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung.

1. Berichtigung durch Verschieben des Bestell- oder Termintages (zeitliche Berichtigung);
2. Berichtigung durch Verändern der Bestellmenge (mengenmäßige Berichtigung).

Zu 1: Es kann der Fall eintreten, daß aus irgendwelchen Gründen — etwa infolge zu hoch angenommenen Ausschußdurchschnittes — die Lieferungen eine zu starke Anreicherung des Bestandes herbeiführen oder es ergibt sich umgekehrt, daß infolge unregelmäßiger Absaugung der Bestellbestand wesentlich früher erreicht ist als durch den Datumreiter angegeben. In beiden Fällen kann man einen Ausgleich schaffen,

das eine Mal durch Hinausschieben, das andere Mal durch Vorverlegen des Bestelltages. Da es jedoch nicht sinnvoll ist, eine solche Verschiebung wieder rückgängig zu machen, so wird auf diese Weise die gleichmäßige Verteilung der Bestelltage in Unordnung gebracht, wodurch jedoch der ganze Plan in Mitleidenschaft gezogen wird.

Zu 2: Günstiger wirken sich Berichtigungen durch Verändern der Bestellmenge aus. Ist der durch den Datumreiter gekennzeichnete Tag fällig, ohne daß der Bestellbestand erreicht ist, so wird zwar trotzdem ein Auftrag erteilt, jedoch nicht in normaler Höhe, sondern vermindert um den Unterschied zwischen dem festgesetzten Bestellbestand und dem gegenwärtigen Istbestand. Liegt der umgekehrte Fall vor, d. h. ist der Bestellbestand vor dem angegebenen Tag erreicht, so wird der Auftrag erst dann erteilt, wenn der Bestelltag gekommen ist. Naturgemäß wird die Bestellmenge nunmehr um den betreffenden Unterschied erhöht. Die zugeordneten Termine bleiben jedoch beide Male die gleichen, die bei normaler Auftragshöhe zu setzen wären. Die Tatsache, daß im letzteren Fall die größere Menge auch mehr Zeit zur Bearbeitung benötigt, bleibt dabei zunächst unberücksichtigt. Wie die Werkstatt diesem Umstand trotzdem gerecht werden kann, ist später erläutert<sup>1</sup>.

Bei diesen Veränderungen hat man aber eine gewisse Toleranz einzuräumen, d. h. man soll erst dann eine Berichtigung vornehmen, wenn der Lagerbestand wesentlich von der vorgeschriebenen Menge abweicht, um zu vermeiden, daß die Lagerbewegungen zu unruhig werden.

Dieses Verfahren hat allerdings auch einen gewissen Nachteil, der darin besteht, daß sich die veränderten Bestellmengen auch in alle rückwärtigen Fertigungsstufen fortpflanzen. Zu starke Abweichungen vom vorgeschriebenen Lagerbestand lassen sich dadurch ausschalten, daß man in gewissen Zeitabständen einen Nullpunkt herbeiführt, daß man lager- und termintechnisch also gleichsam „von vorne“ anfängt.

#### 4. Kopplung der Fertigungsstufen.

Anwendungsgebiet: Ununterbrochene Massenfertigung.

Wenn man von dem Gedanken ausgeht, daß das innerwerkliche Terminwesen nichts weiter bezweckt als die Gewährleistung der gleichmäßigen Erzeugung, sowie das reibungslose Zusammenarbeiten aller Fertigungsstellen, so wird sich sehr bald die Forderung ergeben, die Vorgänge so zu steuern, daß sie dem theoretischen Idealzustand so nahe wie möglich kommen. Diese Forderung läßt sich aber nur in sehr wenigen Industriezweigen ohne weiteres erfüllen und nur in solchen, wo die Verhältnisse besonders einfach liegen, wie z. B. in der Zigarettenindustrie, in der man freilich auf eine terminmäßige Überwachung des Herstellungsganges ohnehin

<sup>1</sup> Vgl. Abschn. VIII, 5.

verzichten kann. Handelt es sich jedoch um Massenerzeugnisse mit verwickeltem Aufbau, so ist das ideale Gleichmaß der Fertigungsvorgänge, wie es die „Theorie der Lagerbewegungen“ aufzeigt, nur sehr schwer erreichbar.

Die theoretisch günstigsten Lagerbewegungen liegen dann vor, wenn die beiden Bedingungen erfüllt sind:

1. In dem Augenblick, da der Lagerbestand eines Teiles die Bestellgrenze erreicht hat, muß der laufende Auftrag ins Lager eingeliefert sein, so daß also der Termintag eines Auftrages mit dem Bestelltag des folgenden identisch ist (Längsrichtung).

2. Die Bestellung eines  $F'$ -Auftrages muß gleichzeitig auch die Bestellung von Aufträgen auf alle übrigen Stufen des Teiles auslösen (Quer- richtung).

In Wirklichkeit tritt diese Erscheinung aus naheliegenden Gründen nur selten oder gar nicht ein. Es besteht jedoch die Möglichkeit, sie gleichsam künstlich herbeizuführen, wenn man die Fertigungsstufen eines Erzeugnistoteles lagertechnisch miteinander „koppelt“. Darunter versteht man den Zustand, daß die Bestellung eines Auftrages für ein beliebiges  $F'$ -Teil zugleich auch die Bestellung von Aufträgen auf die weiteren Stufen desselben Teils nach sich zieht, genau so wie es die Theorie verlangt (vgl. oben Punkt 2). Zu diesem Zweck arbeitet man einen umfassenden Plan aus, der im wesentlichen nichts anderes darstellt als eine Erweiterung der im vorhergehenden Abschnitt besprochenen starren Bestellordnung. Bevor wir jedoch hierauf näher eingehen, wollen wir uns mit einer neuartigen Möglichkeit der Zeiterfassung vertraut machen, die bei Einführung des Planes erhebliche Vorteile bietet.

Wir haben bisher ausschließlich den bürgerlichen Kalender als Grundlage für die Erfassung größerer Zeitabschnitte benutzt. Die damit verbundenen Unregelmäßigkeiten, wie verschieden lange Monate, nicht feststehende Feiertage, Umrechnung von Monats- in Tagesstunden usw. konnten nur durch Bildung von Mittelwerten ausgeglichen werden, was sich für die Berechnungen jedoch oftmals nachteilig auswirkte. Diese Dinge lassen sich ausschalten, wenn man im Bereich der innerwerklichen Zeiterfassung völlig auf die übliche Jahreseinteilung verzichtet und an deren Stelle eine eigene Zählweise einführt, die von allen kalenderlichen Unregelmäßigkeiten unabhängig ist.

Die einfachste Ausführung dieses Gedankens ist die, daß man die Gesamtzahl  $n$  der *Arbeitstage* im Jahr auf dem Kalender abzählt und die Tage fortlaufend von 1 bis  $n$  benummert. Ausgangspunkt kann jeder beliebige Tag im Jahr sein, doch wird man praktischerweise hierzu den

2. Januar wählen, der dann den Tag „1“ darstellen würde. Zur besseren Übersicht kann man die Gesamtzahl in einzelne Abschnitte unterteilen, deren Länge sich nach den Eigenheiten des betreffenden Betriebes richtet, die aber möglichst eine durch 10 ohne Rest teilbare Zahl sein sollen (10, 20, 50 Tage usw.).

In dieser Zählweise gibt es nunmehr keine Sonntage, keine Durchschnittswerte für monatliche Arbeitsstunden und — abgesehen von dem verbleibenden Rest bei Jahresschluß — überhaupt keine Unregelmäßigkeiten. Termine oder sonstige Zeitpunkte werden durch eine einzige Zahl angegeben. So bedeutet z. B. „50“ den 28. Februar, oder „88“ den 17. April usw.<sup>1</sup>.

Die Vorteile dieses Verfahrens sind klar erkenntlich. Zur Umdeutung der Zahlen in die bürgerliche Rechnungsweise stellt man sich einen Kalender her, der in zwei Spalten sowohl die normale als auch die durchbenummerte Tagesfolge enthält. Doch wird man davon nur selten Gebrauch machen müssen, da ja vorausgesetzt wird, daß sämtliche, durch das Terminbüro erfaßten Betriebsstellen sich dieser Einrichtung bedienen. Ihre Anwendung wird dann unbedingt empfohlen, wenn man beabsichtigt, den Fertigungsfluß des Betriebes vermittelt eines Planes nach der gekoppelten Bestellordnung zu steuern.

Der Plan selbst und die Kopplung der Stufen wird nach folgenden Gesichtspunkten durchgeführt.

1. Es ist zu untersuchen, welche zeitlichen Abstände (Perioden) für die regelmäßige Neubestellung der Aufträge werkstatt- und lagertechnisch am günstigsten sind.

2. Maßgebend für die Bestellung ist allein die *F*-Stufe eines jeden Teiles. Es wird einmalig festgelegt, welche Teile des Erzeugnisses an den einzelnen Tagen bestellt werden sollen. Die nächste Bestellung auf die gleichen Teile findet dann erst nach Ablauf einer Periode statt.

3. Gleichzeitig mit der *F*-Stufe werden Aufträge für alle übrigen Stufen des Teiles bestellt (Kopplung).

4. Besteht ein *F*-Teil aus einer Teilgruppe, so erhalten alle Zubehöreteile ebenfalls den gleichen Bestelltag und zwar ihrerseits in allen Fertigungsstufen.

5. Die Auftragshöhen sind so zu wählen, daß sie den Bedarf für den Zeitraum einer ganzen Periode decken. Folglich müssen Aufträge für Teile, die *m*-mal im Erzeugnis vorkommen, auch die *m*-fache Höhe des Grundauftrags erhalten.

6. Es sollen im allgemeinen nur diejenigen Teile in den Plan aufgenommen werden, für die man sonst die Liefertermine summarisch be-

<sup>1</sup> Im Jahre 1939 gezählt.

rechnen würde. Teile, die auf Belegungstafeln geführt werden, sowie Sonder- und Fremdteile bleiben also unberücksichtigt.

Zu 1: Die Dauer einer Periode bestimmt man, wenn keine anderen Gründe maßgebend sind, im Hinblick auf wirtschaftlichste Auftragshöhe. Man kehrt also die ursprüngliche Rechnungsweise um und legt zunächst die Auftragshöhe  $h$  mittelst der Gl. (3) oder (4) von S. 31 fest und bestimmt aus ihr die Periodendauer  $P$  aus der Beziehung

$$P = \frac{h}{z} \text{ Std.}$$

Die Dauer in Tagen ergibt sich dann durch Teilen von  $P$  durch die tägliche Arbeitsstundenzahl. Hat man die Berechnung für alle fraglichen Teile durchgeführt, so kann man aus den Einzelwerten  $P$  einen Mittelwert  $P_m$  bilden, den man dem Bestellplan zugrunde legt. Es handelt sich hierbei also wiederum um Richtwerte, die den Anhaltspunkt für die Bemessung der Periodendauer geben sollen.

Zu 2: Die Gesamtzahl aller hier in Frage kommenden Aufträge wird so über die einzelnen Tage einer Periode verteilt, daß jeder Tag annähernd gleich stark belastet ist.

Zu 4: Teilgruppen sind dann als  $F$ -Teile zu betrachten, wenn sie vor dem Einbau in das Erzeugnis nochmal zwischengelagert werden. Erhält die Werkstatt den Auftrag, eine bestimmte Menge solcher Teilgruppen herzustellen ( $F$ -Auftrag), so müssen dafür sämtliche zugehörigen Teile gleichzeitig dem Lager entnommen werden. Daher ergibt sich die Notwendigkeit, zugleich mit dem  $F$ -Teil auch die Zubehörteile zu bestellen, um deren auf diese Weise verminderten Lagerbestand zu ergänzen.

Zu 5: Die einmal festgelegte Periodendauer muß natürlich für alle Teile beibehalten werden. Wenn diese also nach Punkt 1 bestimmt worden ist, so muß für jedes Teil rückwärts nachgerechnet werden, wie hoch sich die wirklich zu erteilende Auftragshöhe auf Grund der festgelegten Periodendauer  $P_m$  beläuft. Erst diese Zahl ist dann als verbindlich in den Plan einzutragen.

Im folgenden ist ein Ausschnitt aus einem nach obenstehenden Gesichtspunkten entwickelten Bestellplan wiedergegeben. Es handelt sich darin um Teilgruppen und Einzelteile zum Walzenschaltwerk einer Schreibmaschine. Angaben über Art und Zusammengehörigkeit der Teile sind in nachstehender Zahlentafel aufgeführt.

In der ersten Spalte von Zahlentafel 4 sind die Nummern der Teilgruppen aufgeführt, aus denen das Erzeugnis besteht. Diese Spalte (Nummernkreis 1 bis 99) entfällt, wenn die Einteilung nach Gruppen in der Stückliste nicht durchgeführt worden ist. Stattdessen gibt man die Bezeichnung desjenigen Teiles an, das als tragendes Element der Zubehörteile gelten kann, also in Gruppe 5 z. B. den Schalthebel, in

Zahlentafel 4. Stückliste (Ausschnitt).

Teilgruppe Nr.	Teil Nr.	Benennung	Werkstoff	Anzahl im Erzeugnis	Bemerkung
5	165	Schalthebel	Eisenblech	1	Wird b. Teilgr. 8 verwandt Fremdteil
	166	Klinke	Stahl geh.	1	
	167 (168)	Stift (Feder)	Rundstahl	2	
6	169	Stellhebel	Eisenblech	1	Wird b. Teilgr. 1 verwandt
	170	Stift	Rundstahl	3	
7	171	Schaltrad	Eisenblech	1	

welchen Klinke, Stift und Feder eingebaut sind. In Spalte 2 stehen die Einzelteile (Nummernkreis über 100) verzeichnet, in der Ordnung wie sie zu den einzelnen Teilgruppen gehören.

Der Plan selbst ist in Zahlentafel 5 dargestellt, aus der die Bedeutung der Längs- und Querspalten klar hervorgeht.

Zahlentafel 5. Bestellplan (Ausschnitt).

Teilgruppen			Einzelteile					
Gruppe Nr.	Bestellmenge Stück	Bestelltag Nr.	Nr.	Benennung	Bestellmengen in den Fertigungsstufen			
					VF Stück	A Stück	S Stück	P Stück
5	18 000	11	165	Schalthebel . . .	18 500	—	19 000	—
			166	Klinke . . . . .	18 500	—	19 000	—
			167	Stift . . . . .	—	37 000	—	—
			(168)	(Feder) . . . . .	—	—	—	—
6	18 000	3	169	Stellhebel . . .	18 500	—	19 000	—
			170	Stift . . . . .	—	56 000	—	—
7	18 000	15	171	Schaltrad . . . .	18 500	—	19 000	—
8	18 000	34	172	Deckplatte . . . .	—	—	—	18 300

Dem Plan ist eine Periodendauer von 40 Arbeitstagen zugrunde gelegt; es stehen also die Tage 1—40 zur Verfügung, um die Summe der Werkstattaufträge einzuordnen. Die Bestellmengen sind in den einzelnen Fertigungsstufen gestaffelt, um den ungleich hohen Ausschußsatz zu berücksichtigen, der bei den verschiedenen Arbeitsverfahren anfällt.

Eine Termin-, „Berechnung“ gibt es für die hier erfaßten Teile nicht mehr. Denn, wie im vorhergehenden Absatz schon gezeigt wurde, ist die Tagesnummer, bei der ein Auftrag bestellt wird, immer mit derjenigen des zugeordneten Termins gleichlautend. Z. B. ist in der Musteraufstellung für die Teilgruppe 5 der elfte Tag einer jeden Periode als Be-

stelltag vorgesehen. Daher werden an diesem Tage Aufträge für die Teile 165 bis 167 an alle in Frage kommenden Werkstätten vergeben, die am Tag 11 der folgenden Periode fertiggestellt sein müssen.

*Die Periodendauer  $P$  bedeutet also zugleich die Auftragslaufzeit  $i$ .* Dies ist durch die Abhängigkeit von  $h$  und  $P$  bedingt, denn es ist  $P = \frac{h}{z}$  und außerdem  $z = n \cdot L$  (vgl. S. 14 und 42). Man kann also immer nur eine der beiden Größen  $P$  und  $h$  annehmen, weil andernfalls die logische Voraussetzung für den Aufbau des Planes hinfällig wird.

Die in diesem Plan festgelegten Vorgänge werden an Hand der Lagerkarten der betreffenden Teile überwacht. Man bedient sich dabei wiederum einer Sichtkartei, in der die Karten so eingeordnet sind, daß jeweils die zu einer Teilgruppe gehörigen Teile hintereinanderstehen. Die Gruppen selbst ordnet man nach Bestelldaten, so daß alle an einem Tag fälligen Bestellungen mit einem Griff zur Hand sind. Die Arbeit des Terminbeamten beschränkt sich dann lediglich darauf, die Auftragsvordrucke mit dem entsprechenden Tagesstempel zu versehen und falls notwendig, eine Berichtigung der Bestellmenge vorzunehmen, was aus dem auf der Karte verbuchten Lagerbestand zu ersehen ist.

Es ist augenscheinlich, daß sich die Verwaltungsarbeit auf diese Weise erheblich vereinfacht, so daß sie durch billige Hilfskräfte ausgeübt werden kann. Daher sollte man nicht vor der etwas verwickelt erscheinenden Ausarbeitung eines solchen Planes zurückscheuen. Denn diese ist nur eine einmalige Arbeit, die allerdings sehr sorgfältig und unter Berücksichtigung aller Zusammenhänge ausgeführt werden muß. Dabei ist es günstiger, wenn man solche Teile, für welche die summarische Terminberechnung keine genügend zuverlässige Überwachungsmöglichkeit bietet, aus dem Plan ausläßt, um Fehlerquellen zu vermeiden (Punkt 6 S. 64). So würde man beispielsweise die Automaten-Drehteile eines Erzeugnisses überhaupt unberücksichtigt lassen, weil es meistens geraten ist, die zugehörigen Aufträge auf einer Belegungstafel zu führen. Welche Maßnahmen sich am günstigsten auswirken, kann natürlich nicht allgemein festgelegt werden; die letzte Entscheidung wird man immer erst auf Grund der gegebenen Betriebsverhältnisse fällen können.

### 5. Sonderregelung bei unterschrittenen Sicherheitsbeständen.

In der ununterbrochenen Massenfertigung dient der Sicherheitsbestand dazu, die regelmäßige Beschickung der Werkstätte mit der notwendigen Teilezahl zu gewährleisten. Er soll also an Stelle eines in der Werkstatt „steckengebliebenen“ Auftrages in den weiteren Verlauf der Fertigung eingesetzt werden können. Darüber hinaus soll er auch als Stoßfänger dienen, wenn sich der Ausschub eines Auftrages infolge

irgendeiner nicht beachteten Fehlerquelle so stark erhöht hat, daß der folgenden Fertigungseinheit oder dem Zusammenbau nicht mehr genügend Teile zur Verarbeitung zugeführt werden können. In manchen Zweigen der Massenfertigung ist der Sicherheitsbestand jedoch auch dazu da, um zeitweilige Spitzenbelastungen aufzunehmen, die das Werk zur Deckung ruckartig erhöhten Absatzes leisten muß. In allen Fällen, in denen ein Sicherheitsbestand für die gelagerten Mengen vorgesehen ist, spielt er für die Fertigung eine nicht zu unterschätzende Rolle. Daher muß darauf geachtet werden, daß er nie länger als unbedingt nötig unterschritten bleibt.

Die *Höhe* des Sicherheitsbestandes ist auf den Lagerkarten angegeben. Sinkt der Bestand nach einer Abbuchung unter die vorgeschriebene Grenze, so wird das äußerlich durch Aufsetzen eines roten Reiters auf der Karte vermerkt. Außerdem empfiehlt es sich, diese Teile in besonders augenfälliger Weise zu überwachen. Dazu dient vorteilhaft eine „Mahn-  
tafel“<sup>1</sup>, die ähnlich wie eine Termintafel aussieht und auf welche kleine Kärtchen aufgesteckt werden können. Die Kärtchen geben Auskunft über Art, Teilnummer, Fertigungsgrad usw. der betreffenden Teile. Die Aufgabe des Terminbearbeiters besteht nun darin, den Bestand dieser Teile durch entsprechende Maßnahmen möglichst bald wieder auf die vorgeschriebene Höhe zurückzuführen.

Dazu muß in erster Linie untersucht werden, ob der Sicherheitsbestand nur vorübergehend, infolge Lieferverzögerung des erwarteten Auftrags unterschritten wurde, oder ob die Unterschreitung durch zu starke Teileentnahme (hoher Ausschuß, nicht vorgesehene Zwischenaufträge) zustande gekommen ist. Im ersten Fall hat die Sicherheit lediglich ihre Aufgabe als Stoßfänger erfüllt, und es steht zu erwarten, daß sich die Vorgänge von selbst wieder einspielen. Im zweiten Fall dagegen muß eine nachhaltige Veränderung herbeigeführt werden. Dafür stehen die beiden bereits besprochenen Möglichkeiten der mengenmäßigen und zeitlichen Bestandsberichtigungen zur Verfügung. Bei Anwendung der mengenmäßigen Berichtigung wird die Werkstatt veranlaßt, während gleichbleibender Laufzeit (z. B. bei feststehender Periodendauer  $P$ ) eine größere Menge von Teilen zu liefern als normalerweise gefordert ist. Bei Anwendung der zeitlichen Berichtigung hat die Werkstatt zwar die normale Stückzahl, aber in kürzerer Laufzeit zu liefern. Das Ergebnis bedeutet beide Male eine Erhöhung des Lagerbestandes.

Es erhebt sich nun die Frage, wie die Werkstatt den vermehrten Anforderungen gerecht werden kann, ohne daß dies auf Kosten anderer Aufträge geschieht. Man hat also zunächst festzustellen, ob der vorhandene Maschinenpark durch die laufende Fertigung bereits 100 vH. ausgenutzt ist oder ob noch eine gewisse Spanne für die zusätzliche Be-

<sup>1</sup> Vgl. Abb. 23 S. 76.

lastung übrigbleibt. Da der Belastungsgrad  $\beta$ , mit dem die Maschinen ausgenutzt sind, berechnet werden kann, so läßt sich für jedes regelmäßig hergestellte Teil und für jeden damit verbundenen Arbeitsgang angeben, wie groß die zusätzliche Leistung äußerstenfalls sein kann.

Die Mehrbelastung drückt sich immer in einer Erhöhung der Liefermenge  $z$  aus. Die Differenz zwischen der normalerweise geforderten Liefermenge und der Menge, die bei Belastungsgrad 1 zu liefern wäre, beträgt  $\Delta z = L_{ges} - z$ , wobei  $L_{ges} = n_w \cdot L$ , d. h. die Gesamtleistung der für *einen* Arbeitsgang verwendeten Maschinen bedeutet<sup>1</sup>. Der Belastungsgrad ist

$$\beta = \frac{n_{th}}{n_w} = \frac{z}{L_{ges}}$$

Ist  $\beta = 1$ , so wird

$$\frac{z + \Delta z}{L_{ges}} = 1$$

Als Hundertsatz von der normalen Liefermenge  $z$  ausgedrückt beträgt diese Differenz

$$\left(\frac{1}{\beta} - 1\right) \cdot 100 \text{ vH.}$$

Um diesen Hundertsatz darf die Laufzeit gekürzt oder die Bestellmenge erhöht werden, ohne daß die ursprüngliche Arbeitszeit überschritten zu werden braucht.

Finden in einer Fertigungsstufe mehrere Arbeitsgänge auf verschiedenen Maschinen statt, so geht man von der niedrigsten Mengenleistung  $L_{min}$  aus und bestimmt den dadurch bedingten ungünstigsten Belastungsgrad zu  $\beta_{max} = \frac{z}{L_{min}}$ , aus dem sich dann die am Hundertsatz anteilige Mehrbelastung berechnen läßt. Wenn beispielsweise ein Werkstück drei verschiedene Maschinen innerhalb einer Fertigungsstufe durchläuft, deren ungünstigster Belastungsgrad  $\beta_{max} = 0,87$  ist, so kann in dieser Stufe eine Mehrbelastung von  $\left(\frac{1}{0,87} - 1\right) 100 = 15 \text{ vH.}$  verlangt werden; das ist das  $\frac{1}{0,87} = 1,15$ fache der Normalleistung.

Höhere Mehrbelastung als um das  $\frac{1}{\beta_{max}}$  fache ist von der Werkstatt bei sonst gleichen Bedingungen nicht tragbar und muß daher zu Terminschwierigkeiten führen. Das letzte Mittel — allerdings von seiten der Werksleitungen gewöhnlich nicht besonders gern gesehen — bleibt immer die Anordnung von Überstunden, welche die beste Möglichkeit

<sup>1</sup> Es ist also angenommen, daß je ein bestimmter Arbeitsgang auf mehreren Maschinen gleichzeitig vorgenommen wird. Ist  $n_w = 1$ , so wird  $L_{ges}$  mit der Mengenleistung  $L$  der betreffenden Maschine identisch.

darstellen, unterschrittene Sicherheitsbestände auszugleichen oder durch Betriebschwierigkeiten entstandene Zeitverluste einzuholen. Man wird bei Sonderregelungen des Betriebsflusses nie ganz ohne sie auskommen, weil es nicht immer möglich ist, die Schwierigkeiten allein durch Ausnutzung nicht voll belasteter Maschinen zu beseitigen.

Für den Terminfachmann ist nun die Frage wichtig, wie groß die zusätzliche Anforderung an die Werkstatt sein muß, um einen Fehlbetrag des Sicherheitsbestandes auszugleichen. Wird die Berichtigung durch Erhöhung der Bestellmenge bewirkt, so ist diese Frage leicht zu klären. Schwieriger ist dies jedoch bei dem Verfahren der Laufzeitkürzung. Die Gesichtspunkte, nach denen man dabei vorgeht, richten sich nach der Art wie die Terminberechnung für die Aufträge durchgeführt wird. Wir unterscheiden also:

#### A. Laufzeitkürzung bei summarischer Terminberechnung.

Um die Anzahl Tage zu berechnen, um welche die Laufzeit zum Ausgleich eines gegebenen Fehlbetrages gekürzt werden muß, legt man den Gedankengang zugrunde:

Die Auftragshöhe  $h$  entspricht dem Verbrauch einer ganz bestimmten Anzahl Tage  $i$ , welche zugleich die Auftragslaufzeit darstellen (denn es ist  $i = \frac{h}{Z_{Tg}}$ ). Ist  $d$  die Differenz zwischen dem Sicherheitsbestand und dem am Bestelltag wirklich vorhandenen Bestand (Fehlbetrag) und  $k$  die Anzahl der Tage, um welche die Laufzeit zum Ausgleich gekürzt werden muß, so verhält sich

$$k:d = i:h$$

woraus

$$k = \frac{i}{h} d = c \cdot d$$

zu entnehmen ist. Dabei ist  $c$  eine konstante Berichtigungsgröße mit der Dimension  $\frac{\text{Tage}^1}{1000 \text{ Stck.}}$ . Diese ist für sämtliche Teile eines Erzeugnisses, deren Termine summarisch berechnet werden, gleich groß. Man gibt sie praktischerweise auf den Lagerkarten mit an, um die Terminfindung unter den veränderten Umständen zu erleichtern. Unbedingt zu vermeiden ist jedoch die willkürliche oder gefühlsmäßige Terminverschiebung, weil durch falsche Kürzung nicht nur die Erledigung der vorliegenden Aufträge in Frage gestellt, sondern möglicherweise auch die ganze summarische Terminordnung hinfällig werden kann. Daher sollte man auch immer an Hand des oben angegebenen Verfahrens nachprüfen,

<sup>1</sup> Allgemein:  $\frac{\text{Tage}}{x \text{ Stck.}}$ , wo  $x$  = Einheitsstückzahl.

ob die Kürzung ohne Anwendung von Überstunden verlangt werden kann. Um zu vermeiden, daß man hierfür jedesmal den Belastungsgrad des behandelten Teiles berechnen muß, ist es empfehlenswert, die Größe der zusätzlichen Mehrbelastung für jedes in Frage kommende Teil listenmäßig zu führen, so daß man bei Termenschwierigkeiten in einfacher Weise davon Gebrauch machen kann.

**Beispiel.** Die Sicherheitsmenge eines regelmäßig hergestellten Preßteiles beträgt 8000 Stck.; die Auftragshöhe, die dem Verbrauch von 25 Tagen entspricht, ist mit 16 000 Stck. festgelegt. Die Presse, auf der das fragliche Teil hergestellt wird, ist mit 80 vH. ihrer vollen Leistungsfähigkeit belastet.

Die Berichtigungsgröße ist hier

$$c = \frac{25}{16\,000} = \frac{1,56}{1000}.$$

Laut Karteikarte betrage der Fehlbetrag von der vorgeschriebenen Sicherheitsmenge  $d = 2380$  Stck. Es ist also

$$k = \frac{1,56}{1000} 2380 = 3,7 \text{ Tage.}$$

Man hat demnach eine Kürzung um 3,7 oder rund um 4 Tage von der Gesamtlaufzeit  $i = 25$  Tage vorzunehmen. Da die Größe  $c = 1,56$  je Tausend auf der Karte vermerkt ist, so erfordert die Bestimmung von  $k$  nur eine kurze Vervielfachung, die kaum eine Mehrarbeit für den Beamten bedeutet.

Zur Gegenprüfung, ob diese Kürzung für die Werkstatt ohne Schwierigkeiten tragbar ist, zieht man die Liste zu Rate, in der die zulässige Mehrbelastung verzeichnet ist. In unserem Beispiel kann die Presse um das  $\frac{1}{0,8} = 1,25$ fache zusätzlich belastet werden; das sind 25 vH. der ursprünglichen Leistung. Vier Tage Kürzung bedeuten aber nur 16 vH. der ursprünglichen Laufzeit, also kann die kürzere Frist von der Werkstatt zur Fertigung des Auftrages ohne weiteres eingehalten werden.

### B. Kürzung bei Terminberechnung auf Grund der Fertigungszeiten.

Ergibt sich die Notwendigkeit, die Laufzeit eines Auftrages zu kürzen, der auf einer Termintafel geführt ist, so kann dies nur geschehen, indem man den Streifen, der die Bearbeitungszeit darstellt, nach rückwärts verschiebt. Das aber setzt natürlich voraus, daß vor dem Streifen der entsprechende Platz vorhanden ist, d. h. die einzelnen Aufträge dürfen nicht unmittelbar aneinandergereiht sein (vgl. S. 40 ff.). Doch auch wenn diese Bedingung erfüllt ist, so hängt die Möglichkeit zu kürzen noch davon ab, ob zwischen dem Tag, an welchen die Kürzung vorgenommen werden soll und dem Bearbeitungsbeginn eine genügend lange Frist liegt. Steht

nämlich die Fertigung des Auftrages unmittelbar bevor, so dürfte es im allgemeinen nicht mehr möglich sein, noch eine vorzeitige Beendigung der Arbeiten zu erreichen. Daraus ergibt sich die Forderung, auf Tafeln geführte Aufträge grundsätzlich einige Tage (5—10, je nach der Größe von  $h$ ) vor Streifenanfang zu bestellen.

Soll nun bestimmt werden, um wieviel Tage der Termin des Auftrags herangezogen werden muß, so rechnet man am besten aus, wieviel Tage  $i'$  der verfügbare Lagerbestand ausreicht. Der äußerste Zeitpunkt, bis zu welchem der fragliche Auftrag fertiggestellt sein muß, liegt nach einer Frist von

$$i' = \frac{b}{M_{Tg}} \text{Tagen,}$$

d. h. Lagerbestand geteilt durch Tages-Einbauverbrauch des betreffenden Teiles. Ist  $i'$  kleiner als die reine Bearbeitungszeit des vorliegenden Auftrags, reicht also der Bestand nicht so lange aus wie die ordnungsgemäße Fertigung dauert, so muß eine Teillieferung zu einem früheren Zeitpunkt gefordert werden (Auftragsunterteilung). Eine solche Unter- teilung ist gewöhnlich auch dann notwendig, wenn man eine Bestands- berichtigung durch Erhöhen der Bestellmenge herbeiführen will. Auftrags- unterteilungen sind aber nur in solchen Fällen betriebswirtschaftlich un- bedenklich, wenn sie nur die Auslieferung eines Postens von Werkstücken, welche die vorgeschriebenen Arbeitsgänge bereits durchgemacht haben, bewirken. Muß deswegen jedoch die Fertigung eines ganzen Auftrages unterbrochen werden — ein Fall, der z. B. in der Verfahrenstechnik sehr häufig eintritt —, so soll sie tunlichst unterbleiben, und man muß sich nach andern Mitteln und Wegen umsehen, um den gewünschten Erfolg zu erzielen. Vielfach besteht auch die Möglichkeit, durch Aus- tausch oder Umbelegen von Maschinen unmittelbar eine Leistungs- steigerung, also eine Verkürzung der Laufzeit zu erreichen. Entscheidend ist immer die Gesamtbelastung der Werkstatt.

## IX. Allgemeine Hinweise für die Praxis.

1. Die vorangegangenen Abschnitte haben einen Einblick in den Aufgabenkreis des Terminbüros vermittelt. Für die Darstellung der organisatorischen und rechnerischen Zusammenhänge war dabei die Forde- rung maßgebend, den Verhältnissen der Wirklichkeit möglichst nahe zu kommen. Wer sich mit der Terminfrage beschäftigt hat, wird be- merkt haben, daß häufig dort Schwierigkeiten auftreten, wo man sie eigentlich nicht vermutet. Manche Vorgänge erscheinen im Licht theoretischer Betrachtungen nicht weiter verwickelt, stellen sich jedoch nach der praktischen Durchführung als wenig geeignet für den Betrieb heraus. Es entstehen daraus vielfach Fehlschläge, denen man am besten dadurch

begegnet, daß man sich von vornherein über Art und Umfang der zu treffenden Maßnahmen im klaren ist und das Ordnungsgefüge vor seiner Einführung völlig ausarbeitet. Natürlich wird es nie ganz zu umgehen sein, daß man noch nachträgliche Veränderungen vornimmt oder zusätzliche Regelungen trifft, die auf Grund der Betriebserfahrung notwendig werden. Doch sollte man es grundsätzlich vermeiden, mit Maßnahmen Versuche zu veranstalten, deren Auswirkung nicht genau übersehen werden kann oder Bestimmungen zu erlassen, die vielleicht nach kurzer Zeit widerrufen werden müssen. Denn der Erfolg der Terminordnung hängt nicht zuletzt von der Aufnahme ab, die sie im Betrieb findet; das aber setzt selbstverständlich voraus, daß sich die vom Terminbüro abhängigen Stellen mit unbedingter Sicherheit auf dessen Anordnungen verlassen können.

2. Die Terminordnung ist in erster Linie eine Rechenangelegenheit. Die Zuverlässigkeit der rechnerischen Unterlagen ist daher ein ebenso wichtiger Punkt für den Erfolg wie die Zusammenarbeit von Büro und Werkstatt. Es sollte keine Regelung durchgeführt werden, die nicht auf rechnerischem Wege in jeder Hinsicht geprüft ist. Diesbezügliche Hinweise und Formeln sind in den einzelnen Abschnitten genügend gegeben. Je größer die in der Zeiteinheit verarbeitete Werkstoffmenge in einem Betrieb ist und je mehr sich der Fertigungsfluß verästelnd, desto wichtiger ist diese Forderung. Betriebsschwierigkeiten, die auf das Terminwesen zurückzuführen sind, lassen sich weitgehend einschränken, wenn man den rechnerischen Aufbau des Gefüges konsequent durchführt. Dabei soll man sich tunlichst nicht auf überschlägliche oder gefühlsmäßige Angaben verlassen, weil dadurch die meisten Unstimmigkeiten zustande kommen. Die geringe Mehrarbeit, welche die Anwendung genauer Formeln bereitet, gleicht sich sehr bald durch die flüssigere Abwicklung der Betriebsvorgänge aus. Zudem handelt es sich in den meisten Fällen um zwar umfangreiche, aber einmalige Rechenausführungen, die dann listenmäßig festgehalten werden können, so daß es ein Leichtes ist, sie gelegentlich zu berichtigen oder zu ergänzen.

Das ganze theoretische Terminskelett mit all den damit zusammenhängenden rechnerischen und zeichnerischen Verfahren erscheint manchem auf den ersten Blick vielleicht zu verwickelt, um nützlich zu sein, oder es wird der Einwand erhoben, die völlige Durchführung dieser Arbeiten beanspruche zu hohe Zeit- und Geldbeträge. Doch sollte man sich dadurch nicht beirren lassen! Denn die Erfahrung zeigt, daß diese Dinge in Wirklichkeit stets einfacher sind als sie beschrieben werden können. Wo in der Theorie graue Formeln stehen, herrscht in der Praxis der lebendige Zahlenstoff des Betriebes. Die Einwände sind nur insofern berechtigt, als man andererseits auch nicht in das Gegenteil

verfallen und nun die Berechnungen übertreiben darf, so daß wertvolle Arbeitskräfte durch unwesentliche Spitzfindigkeiten in Anspruch genommen werden, die dann tatsächlich in keinem Verhältnis zu ihrem Nutzen stehen.

3. Die Kosten des Terminbüros müssen unter allen Umständen in niederen Grenzen gehalten werden, weil sonst vom geldlichen Standpunkt aus betrachtet der Erfolg bedenklich herabgedrückt wird. Daher kann nicht genug betont werden, daß man immer wieder Mittel und Wege suchen muß, um die Verwaltungsarbeit so weit wie möglich einzuschränken. Es sollen möglichst wenige, aber praktische und billige Hilfsmittel verwendet werden. So kann die Schreibarbeit bei der Auftragerstellung durch Anwendung von Listen vereinfacht werden. Es ist beispielsweise vorteilhaft, eine Liste zusammenzustellen, in welcher Abmessung, Werkstoff und ähnliche feststehende Angaben für jedes Einzelteil aufgeführt sind und die dem Lager, welches die Teile ausgibt, ausgehändigt wird. Der Auftragsvordruck enthält dann lediglich einen Hinweis auf Nummer soundsoviel der Liste, wodurch man sich die dauernde Wiederholung dieser Dinge bei jeder erneuten Auftragsausschreibung erspart.

4. Für die Terminverfolgung kommen vor allem Tafeln in Frage, die allerdings niemals in zu geringer Zahl vorhanden sein können. Sie werden zu den verschiedensten Zwecken und in allen erdenklichen Anordnungsformen verwendet. Abb. 22 zeigt die Rückwand eines Terminbüros, in welche sechs große Tafeln eingebaut sind. Mit ihrer Hilfe werden alle terminmäßigen Betriebsüberwachungen durchgeführt. Die beiden mittleren Tafeln enthalten das Lieferprogramm des Werkes, das hier auf drei Monate im voraus festgelegt ist und das sich auf die ununterbrochene Herstellung eines Erzeugnisses in fünf verschiedenen Baumustern bezieht. Die Tafel rechts oben dient zur Überwachung von Teilen, deren Sicherheitsbestand unterschritten ist. Darunter und auch auf der Tafel links unten ist die Belegung verschiedener Maschinengruppen durchgeführt. Weitere Belegungstafeln von ganzen Werkstätten sind an Ort und Stelle im Betrieb aufgehängt, daß sich die Meister unmittelbar danach richten können.

Abbildung 23 zeigt eine Tafel, die dazu dient, die Liefertermine der laufenden Aufträge in der Werkstatt sichtbar zu machen. Daher ist jede Werkstatt mit einer derartigen Tafel ausgestattet. Die Tage der Zeitskalen, die sich hier über zwei Kalendermonate erstrecken, sind so breit, daß ein Pappkärtchen darüber oder darunter gesteckt werden kann, aus dessen Beschriftung der Meister ersieht, welche Aufträge an den einzelnen Tagen zur Auslieferung kommen müssen. Kärtchen von unerledigt gebliebenen Aufträgen, deren Termine bereits überschritten

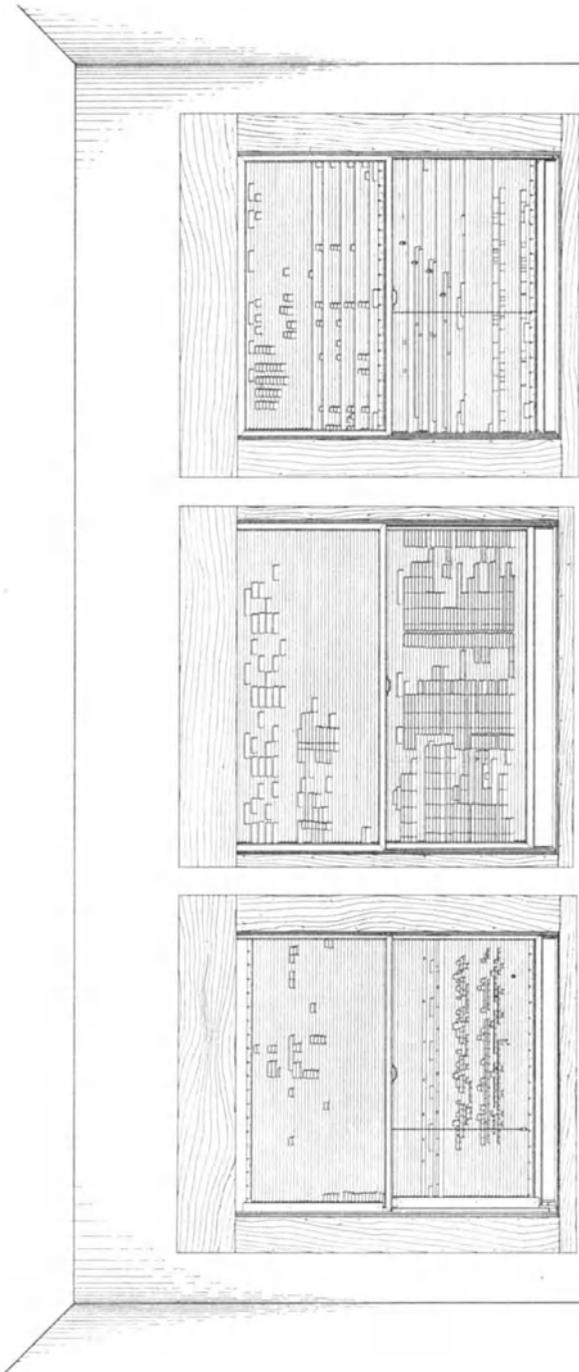


Abb. 22. Anordnung von Tafeln im Terminbüro.

Alle terminmäßigen Maßnahmen sollen im Büro überwacht werden können. Die Abbildung zeigt Tafeln zur Überwachung des Rohstoffverbrauches, zum Aufzeigen unterschrittener Sicherheitsbestände, sowie solche zum Belegen von Maschinen und für die Ausarbeitung von Fertigungsprogrammen.

wurden, werden mit neuem Termin versehen und auf den entsprechenden Platz aufgesteckt.

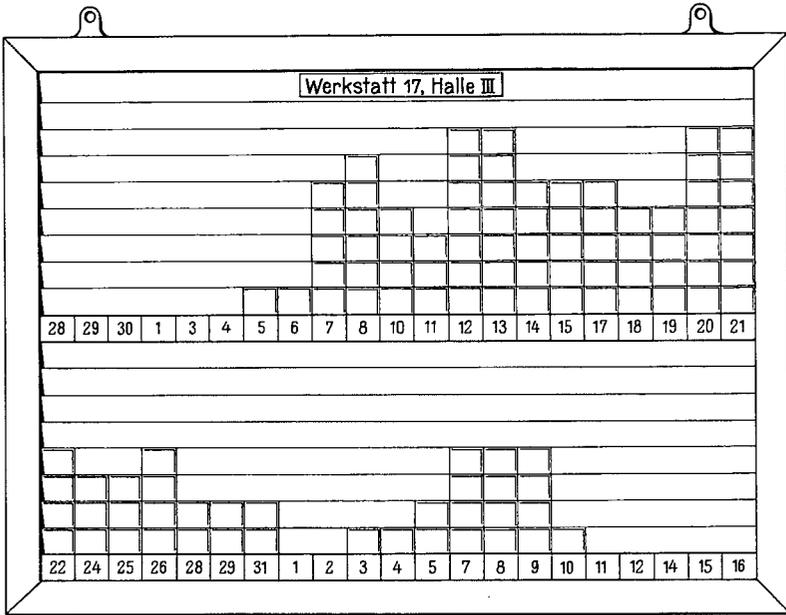


Abb. 23. Tafel zur Terminüberwachung.

Die Tafel wird in der Werkstatt aufgehängt und dient zum Sichtbarmachen der Auftragstermine. Jeder Auftrag erhält ein Kärtchen, das über den entsprechenden Tag der Skala gesteckt wird. Stichtag in der Abb. ist der 6. der oberen Skala.

Die Tafeln des Büros sollen möglichst geräumig sein, damit alle Darstellungen in übersichtlicher Größe ausgeführt werden können. Sehr gut bewähren sich Schiebetafeln nach Art der Wandtafeln in Hörsälen, von denen je zwei gegenläufig an Seilen über Rollen aufgehängt sind. Es ist günstig, wenn sie sich bis auf den Boden hinunterziehen lassen, weil man dadurch die Möglichkeit hat, vor der Tafel zu sitzen, was das Arbeiten bedeutend erleichtert. Für gute und blendfreie Beleuchtung ist unbedingt zu sorgen.

5. Ein psychologisches Hilfsmittel zur Förderung des Termingedankens ist die Erweckung des sportlichen Interesses bei den Werkmeistern und Vorarbeitern. Am besten eignen sich dazu Schaubilder, aus denen die positiven oder negativen Leistungen der einzelnen Abteilungen

Auftr. Nr. ....	Termin . . . . .
Teil .....	
Gr. ....	
..... Stck.	

Abb. 24. Terminkärtchen (natürl. Größe). Solche Kärtchen werden auf Tafeln nach Abb. 23 gesteckt. Verarbeitet eine Werkstatt verschiedene Erzeugnisse, so stellt man die T. aus verschiedenfarbiger Pappe her.

augenfällig hervorgehen, und die an deutlich sichtbaren Stellen im Betrieb aufgehängt sind. Allein schon die einfache Maßnahme, die Anzahl der täglichen Terminüberschreitungen in den verschiedenen Werkstätten durch Aufstecken von Kärtchen oder Klötzchen auf dazu geeigneten Tafeln sichtbar anzuzeigen, kann Wunder bewirken. Denn jeder Meister ist bestrebt, seinem Kollegen von der andern Abteilung ja nicht nachzustehen und bemüht sich daher durch besonders aufmerksame Überwachung der ihm unterstehenden Arbeiten möglichst wenig „Minuspunkte“ als Terminüberschreitungen aufzuzeigen.

Ein weiteres Mittel, das seine Wirkung nie verfehlt, ist die Führung einer Leistungskurve. Es ist leicht möglich, die Anzahl der Teile oder Aufträge zu bestimmen, die eine Werkstatt unter gegebenen Verhältnissen täglich zu liefern vermag. Das Verhältnis der tatsächlich gelieferten Anzahl zur Sollmenge kann als augenblickliche Leistungsfähigkeit der Werkstatt angesprochen werden. Trägt man die täglich auf-

tretenden Schwankungen — entweder absolut oder prozentual — als Ordinaten zur Zeitachse auf, so kann sich auch der Außenstehende auf Grund der Tendenz der Kurve ein anschauliches Bild von der Arbeitsweise der Werkstatt machen. Der Meister aber wird die Kurve mit kritischem Blick verfolgen und durch möglichst termingerechte Lieferungen einem etwaigen Ansteigen der negativen Werte entgegenarbeiten.

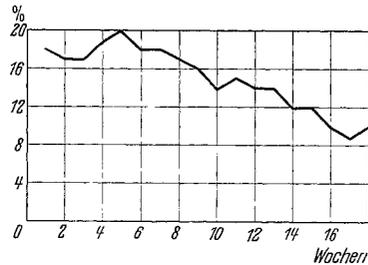


Abb. 25. Leistungskurve einer Werkstatt, dargestellt durch die wöchentlichen Terminüberschreitungen in vH. der angefallenen Aufträge. Die Kurve zeigt deutlich das Absinken der Terminüberschreitungen infolge Gewöhnung des Personals an die neueingeführten Maßnahmen.

\*

Die Zahl der großen und kleinen Hilfsmittel, die man sich für die Zwecke des Terminwesens ausdenken kann, ist so gut wie unbegrenzt. Denn die Vielheit der betrieblichen Eigenarten ist auf dem weiten Gebiet der Massenfertigung ja gleichfalls unbegrenzt. So bleibt es in jedem Einzelfall der Findigkeit des Fachmannes überlassen, weitere Möglichkeiten zu erdenken und Verbesserungen der hier gegebenen Vorschläge in seinem eigenen Wirkungsbereich durchzuführen.

## Schrifttumverzeichnis.

- v. HOLZER, R.: Systematische Fabrikrationalisierung. Berlin/München: Oldenbourg 1928.
- HIPPLER: Arbeitsverteilung und Terminwesen in Maschinenfabriken. Berlin: Julius Springer.
- ANDLER: Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße. München: Oldenbourg 1929.
- RKW. Veröffentlichung: Termine — Festsetzung und Überwachung. Berlin: Beuth-Verlag.
- Refa-Ausschuß: Zweites Refa-Buch. Erweiterte Einführung in die Arbeitszeitermittlung. Berlin: Beuth-Verlag 1937.
- FAHR: Die Einführung von Zeitstudien in einem Betrieb für Reihen und Massenfertigung. Berlin/München: Oldenbourg 1922.
- HEGNER, K.: Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer.
- TILLMANN, H.: Lehrbuch der Stückzeitermittlung in der Maschinenformerei. Berlin/München: Oldenbourg.
- HILBERT: Die Bestimmung von Stückzeiten in der Stanzerei. TZ. für praktische Metallbearbeitung 1938, 48. Jahrgang, Heft 23/24.
- NORDSIECK: Die schaubildliche Erfassung und Untersuchung der Betriebsorganisation. Stuttgart: C. E. Poeschel 1932.
- MANECKE, FRITZ: Statistische Geräte. Werkstattstechnik und Werksleiter. 1939, Heft 9. Berlin: Julius Springer.
- LAUKE, L.: Leistungsabstimmung bei Fließarbeit. Berlin/München: Oldenbourg.
- ZIEGLER: Das Lager im Fabrikbetrieb. Berlin: L. Weiß 1935.

## Sachverzeichnis.

- Absaugung 24.  
Andler 29.  
Anreicherung 61.  
Aufgabenkreis des Terminbüros 1, 2.  
Auftragsfolgezeit 41.  
— -laufzeit s. Laufzeit.  
— -höhe, Berechnung 31.  
— -unterteilung 72.  
— -wesen, allgemeines über 3.  
Ausschuß, Berücksichtigung 9, 29, 51.  
Ausschußsatz 9.
- Bautage 7, 48.  
Bearbeitungszeit s. Fertigungszeit.  
Belastungsgrad 16, 33, 46, 69.  
—, Berechnung 17.  
Belegungspläne 34, 39, 49, 58.  
Benummerung von Lagerteilen 22.  
Berichtigungsgröße 70.  
Bestellbestand 25, 58.  
— -grenze s. Bestellbestand.  
— -plan 59.  
— -tage, Regelung 59.  
Betriebsstörung 26, 41, 70, 73.  
Bewegungsschaubild 57.
- Eigenteile 22.  
Einbauverbrauch 8.  
—, Berechnung 12.  
Einheitsstückzahl 12.  
Empfindlichkeitsgrad 14.  
Enge Stellen in der Fertigung 35.  
Erstformung 18.
- Fertigteile 19.  
Fertigungsauftrag s. Auftragswesen.  
— -fluß 18, 21.  
— -grade 19.  
— -lager 21.  
— -programm 47.  
— -stufen s. Fertigungsgrade.  
— -stufen, Kopplung 63.  
— -zeit 42.
- Fremdteile 22.
- Geltungsbereich des Terminwesens 3.
- Hilfsmittel, organisatorische 55, 74.  
—, psychologische 76.
- Kalender 58, 63.  
Kapazität s. Leistungsfähigkeit.  
Kartei 23, 55.  
— -karten 23.  
— -reiter 56.  
Kundenauftrag 3, 31, 52, 58.  
— -programm 52.  
Kurzbezeichnungen für Lagerteile 21.
- Lagerbestand, greifbarer 24.  
—, ideeller 24, 25.  
— -bewegungen 24.  
— -bewegungen, Berichtigung 61.  
— -bewegungen, Theorie 24.  
— -bewegungen, Überwachung 55.  
— -kartei 23, 55.  
Längsbewegung 25.  
Laufzeit 42, 43, 61, 67.  
—, Verkürzung der 69.  
Leistungsfähigkeit 5, 12.  
—, einer Hilfswerkstatt 53.  
Leistungsgrundzahl 5, 7.  
Liefermenge stündliche 9, 69.  
—, Berechnung 13, 51.  
Losgröße s. Auftragshöhe.
- Maschinenzahl, Berechnung 14.  
Massenfertigung, ununterbrochene 4.  
—, wechselnde 4.  
Maßstäbe für Zeit- und Mengenskalen 34, 37.  
Mehrbelastung einer Werkstatt 69, 71.  
Mengenleistung 10, 13, 42.  
—, Berechnung 14.  
—, reduzierte 15.  
Mengenskalen 47, 50.  
Mengen-Zeitskalen 44.  
Mengenverhältnis 7, 12.  
Monatsbedarf 29, 37.  
— -zinssatz 29.
- Normalteile 22.  
Normteile 22.

- Periodendauer 28, 64, 67.  
 —, Festlegung 65.
- Q**uerbewegung 27.
- R**efa-Methoden 11.  
 Rundfunkindustrie 22.  
 Rüstzeiten, Einfluß auf Maschinenzahl 15
- Sicherheitsbestand 26, 41, 67.  
 —, Sonderregelung bei unterschrittenem  
 67.
- Sichtkartei 23, 67.  
 Sonderteile, Arten von 49.  
 Statistik 15.
- Tagesleistung 43.  
 — -lieferung 43.
- Teilgruppen 20, 65.
- Terminanmahnung 57.
- Terminberechnung, Allgemeines 33.  
 —, auf Grund der Fertigungszeiten 34.  
 —, für Hilfswerkstätten 53.  
 —, für Sonderaufträge 46.
- Terminberechnung, für stets wechselnde  
 Massenfertigung 51.  
 —, summarische 42.
- Terminbüro, Einrichtung 74.  
 — -schätzung 33.  
 — -schwierigkeiten 3, 59, 73.  
 — -tafeln 35, 74.  
 — -überwachung 56, 57.  
 — -verfolgung 55.  
 — -verschiebung 61, 70.
- Ü**berstunden 14, 41, 69.
- Umrechnungsfaktor 5, 30.
- Verbundplan 48.  
 Versetzung der Arbeitsgänge 40.  
 Vorgabezeit, Verwertung 11, 13.  
 Vorfertigteile 19.
- Z**eitgliederung nach Refa 11.  
 Zeitskalen 34, 50, 54, 74.  
 Zubehörteile 65.  
 Zwischenlager s. Fertigungslager.  
 Zwischenlagerungen, Anzahl 21.